

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra strojírenské technologie



Studijní program **M 2301** Strojní inženýrství
Studijní obor **2303T002** Strojírenská technologie

Zaměření
Strojírenská metalurgie

Vliv teploty a doby vysušení pískových jader z CT směsi a Carbophenu na
vznik porezity v odlitku z hliníkových slitin

Influence of temperature and duration of CT and Carbophen sand cores
exsiccation on the beginning of porosity in aluminum-base alloys castings

David Vejrych

KSP – SM – 539

Vedoucí dipl. práce: Prof. Ing. Iva Nová, CSc.

Konzultant: Ing. Jiří Crha, Unitherm, s.r.o Jablonec n. Nisou

Vedoucí katedry: Doc. Dr. Ing. Petr Lenfeld

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 60

Počet tabulek: 6

Počet obrázků: 28

Počet příloh: 3

23.5. 2008

Anotace

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení strojírenské metalurgie

Studijní program: M2301 strojní inženýrství

Diplomant: David Vejrych

Téma práce: Vliv teploty a doby vysušení pískových jader z CT směsi a Carbophenu na vznik porezity v odlitku z hliníkových slitin

Číslo DP KSP – SM – 539

Vedoucí DP: Prof. Ing. Iva Nová Csc.

Konzultant DP: Ing. Jiří Crha

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá zkoumáním vhodné jádrové směsi používané pro gravitační hliníkové odlitky ze slitiny $AlSi_{12}$. Práce se skládá ze dvou částí, části teoretické a praktické. V teoretické práci je popsán hliník a jeho slitiny, plyny které v hliníkových slitinách vznikají a ošetření slitin. Poslední část praktické části pojednává o ostřivu a pojivu které je nutné pro výrobu jader. V praktické části se zaměřujeme na testování pojiv a vlivu na kvalitu a tvar výsledného odlitku.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury.

V Liberci

.....

Poděkování:

Děkuji své vedoucí diplomové práce paní prof. Ivě Nové Csc., Ing. Václavu Štrobachovi za pomoc při zkoumání vzorků a konzultantu Ing. Jiřímu Crhovi za cenné rady, věnovaný čas a cenné připomínky, které přispěli k jejímu vytvoření. Poděkování patří také všem, jenž přispěli větším nebo menším dílem přispěli k úspěšnému dokončení této diplomové práce.

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Teoretická část práce.....	9
2.1 Hliník a slitiny hliníku.....	9
2.1.1 Rozdělení slitin hliníku.....	10
2.1.2 Označování slévárenských slitin.....	12
2.1.3 Číselné značení slitin dle CSN EN 1706.....	12
2.2 Typy slévárenských slitin hliníku jejich charakteristika.....	13
2.2.1 Slitiny typu Al-Si.....	13
2.2.2 Slitiny Al-Si-Mg.....	14
2.2.3 Slitiny Al-Si-Cu-Mg.....	14
2.2.3 Slitiny Al- Si-Cu.....	15
2.2.4 Slitiny Al-Mg.....	15
2.2.5 Slitiny Al-Cu.....	15
2.3 Plyny ve slitinách hliníku.....	16
2.3.1 Zdroje vodíku.....	16
2.3.2 Rozpustnost vodíku.....	17
2.4 Ošetřování materiálu.....	19
2.4.1 Rafinace taveniny.....	19
2.4.2 Modifikace taveniny.....	21
2.4.3 Očkování taveniny.....	22
2.5 Charakteristika formovacích směsí.....	23
2.5.1 Ostřivo.....	23
2.5.2 Pojivo.....	26
2.5.3 Formovací směs.....	32
3. Experimentální část práce.....	34
3.1 Příprava směsí.....	35
3.2 Výroba jádra.....	36
3.3 Směsi.....	38
3.3.1 Carbophen 6240.....	38
3.3.2 Dorsil V.....	39
3.3.3 Desil.....	39
3.3.4 Ecolotec 600.....	40
3.4 Postřik jader.....	40
3.5 Výrobní postup zkoumaného odlitku.....	41
3.5.1 Příprava taveniny.....	41
3.5.2 Pracovní postup lití.....	41
3.5.3 Vytłoukání jader z odlitku.....	42
3.5.4 Ořezání vtokové soustavy a broušení odlitku a tryskání.....	43
3.5.5 Tłakování odlitku.....	44
3.5.6 Prání odlitků.....	44
3.6 Zjišťování vad v odlitku.....	45
3.7 Zkoušky pevnosti směsí.....	54
3.7.1 Tabulka pevnosti zkušebních tyček bez postřiku.....	55
3.7.1 Tabulka pevnosti zkušebních tyček s postřikem.....	56
3.8 Zjištění optimální směsí pro výrobu jader.....	58
3.8.1 Rychlost a kvalita vytłoukání jader.....	58
3.8.2 Vznik porózity v odlitku v závislosti na druhu použité jádrové směsí.....	58
4. Závěr.....	60

Seznam zkratk a symbolů

m	hmotnost	[kg]
V	objem uvolněných plynů	[cm ³]
t	čas plnění formy	[s]
T	teplota	[°C]
Re	mez pevnosti	[Mpa]
Rm	mez kluzu	[Mpa]
T _L	teplota lití	[°C]
m _o	hmotnost odlitku	[kg]
J	Joule základní jednotka energie	

1. Úvod

Historie a vývoj společnosti UNITHERM, s. r. o.

Společnost Unitherm z počátku sídlila v pronajatých prostorách. Dynamický rozvoj firmy v prvním roce existence vynutil nutnost vybudování nového sídla, které by odpovídalo dalšímu růstu firmy a zároveň by společnost navenek důstojně reprezentovalo. V roce 1992 byl zakoupen objekt v Arbesově ulici v Jablonci nad Nisou, z kterého se během jednoho roku vybuďovalo důstojné sídlo firmy. Zároveň spolu s dokončením nového objektu byl spuštěn provoz jednoho z prvních privátních metrologických středisek v ČR.

Spolupráce s dánskými společnostmi dala firmě Unitherm příležitost k vytvoření činnosti v oblasti rozúčtování tepla v domácnostech. Dalším růstem firmy vznikají střediska v Praze, Strakonici, Jablonci nad Nisou a Brně. Pražské středisko se okamžitě rozrůstá o projekční oddělení, které ze začátku projektovalo regulaci a měření tepla v panelových domech. V roce 1993 po rozdělení republiky byla založena dceřiná společnost Unitherm Slovakia. Tato společnost vyvíjela své obchodní činnosti v nové Slovenské republice.

V dalších letech se společnost zaměřila do oblasti teplárenství a vlastní výroby tepla. Společnost zaměstnává špičkové odborníky v této oblasti, a to zejména nejen v projekčních a vývojové oblasti, ale i montážních a inženýrské činnostech. Vývojová činnost firmy byla úspěšná vývojem a výrobou unikátní domovní předávací stanice. Její konstrukční řešení je chráněno jako průmyslový vzor. Vývojová činnost firmy byla korunována vývojem a výrobou unikátní domovní předávací stanice. Její konstrukční řešení je chráněno jako průmyslový vzor. Zároveň byly realizovány i první významné zakázky v oblasti teplárenství.

V roce 1999 byla rozšířená podnikatelská aktivita firmy o oblast slévárenství. Byla pronajata a koncem roku odkoupená část bývalé firmy TTP ELITEX Jablonec nad Nisou – slévárna hliníkových slitin do pískových forem. Tímto krokem byla kryta činnost v oblasti teplárenství v pravidelnou a stabilní výrobu. Slévárna se velmi rychle rozvíjí a v roce 2000 se rozšiřuje o kokilovou slévárnu a to převážně výrobou nízkotlakých odlitků pro textilní průmysl. Význam slévárny roste a ve velmi krátké době se již exportuje 96% odlitků do státu EU. V roce 2001 se požadavkem zákazníků rozrůstá o obráběcí halu a o unikátní

impregnační linku pro impregnování tlakotěsných odlitků. V dalších letech firma Unitherm se rozdělila na dvě divize na divizi Energo a na divizi Slévárna a obrobna. V posledních letech slévárna rozšiřuje své portfolio zákazníků po celé Evropě, ale také pronikla na trh USA.

Slévárna zavedla a používá systém jakosti a enviromentálního managementu a splňuje normy EN ISO 9001:2000 a ČSN EN ISO 14001:1997.

Kokilová slévárna ve společnosti Unitherm, s.r.o.

Kokilová slévárna má v areálu bývalého podniku TTP Elitex velkou tradici. Ve výrobě čel pro osnovní vály patřila mezi světové špičky a byly zde vyvinuty čela osnovních válů, kde i snížením hmotnosti čel byly zaručeny požadované pevnostní parametry. Firma Unitherm převzala tuto výrobu. Vedle odlévání čel se portfolium firmy rozrostlo o další druhy odlitků. Na slévárně se vyrábí technologií gravitačního lití a to na strojích Slovenské firmy Vihorlat a technologií nízkotlakého lití. Kapacita haly kokilové slévárny v roce 2007 se stala neúnosná a tak začátkem letošního roku došlo k přesunu kokilové slévárny do větších prostor.. Koncem roku 2007 se na kokilové slévárně začaly odlévat odlitky s pískovým jádrem. Z důvodu blízkého okolí obytných domů nebylo možno pískové jádra vyrábět metodou Cold Box nebo Hot box, které se pro kokilové lití běžně používají. Bylo nutné zachovat stávající výrobu pískových jader, která se již delší dobu používá na pískové slévárně a to technologie CT směsi či Carbophenu. Při lití odlitků do kovových forem s tímto typem jader dochází k uvolňování velkého množství plynů a tím ke vzniku vad v odlitku.

Tato diplomová práce se zabývá výzkoušením různých druhů pojiv na bázi CT směsi nebo Rezol-CO₂ a zjištění optimálních podmínek výroby jader a průběhu odlévání pro odstranění těchto vad z odlitku.



Obr. 1 Slévárna gravitačního lití Unitherm

2. Teoretická část práce

2.1 Hliník a slitiny hliníku

Hliník a jeho slitiny můžeme spatřit v každodenním životě i přesto, že se jedná o poměrně z hlediska využití mladý kov. Počátek průmyslového využití hliníku je datováno začátkem 19. století.

Vzhledem k nesčetnému množství vlastností, lze vždy nalézt odpovídající materiál. V příložené tabulce jsou uvedeny základní materiálové vlastnosti čistého hliníku.

Hustota	2700 kg.m ⁻³
Teplota tání	660 °C
Teplota vypařování	2520 °C
Atomové číslo	13
Atomová hmotnost	26,98
Krystalová mřížka	Kubická plošně centrovaná
Mřížková konstanta	a=4,05.10 ⁻¹⁰ m
Teplota varu	2494 °C
Objemová změna při krystalizaci	6,5%

Hliník tvoří s kyslíkem stabilní oxid Al₂O₃. Oxidická vrstva brání hloubkové oxidaci a zajišťuje velmi dobrou odolnost proti povětrnostním podmínkám. Chemická odolnost ve vodních roztocích závisí na velikosti pH elektrolytu. V zásaditém prostředí je odolnost omezená, v prostředí v rozsahu od pH 4,5 do 8,5 je odolnost výborná.

Vysokou energetickou náročnost na tavení u hliníku způsobuje měrná tepelná kapacita 0,9 kJ x kg⁻¹ a skupenské teplo tání 396 kJ x kg⁻¹.

Pevnost v tahu čistého hliníku je pod 100 MPa a tvrdost 20-30 HB. Plastické vlastnosti hliníku se dají hodnotit jako velmi dobré. Pokud čistý hliník legováním neupravíme, jsou jeho mechanické vlastnosti celkově špatné. Jako konstrukční materiál je čistý hliník prakticky nepoužitelný.

Z důvodu nevyhovujících technologických vlastností čistého hliníku se vždy používají slitiny. Ke kladným vlastnostem hliníkových slitin patří dobrá slévateľnost, s možností dosáhnout vysoké produktivity při sériové produkci odlitků, vysoká korozní odolnost, široká možnost povrchových úprav včetně dekorativních, nízká hmotnost odlitku, dobrá obrobiteľnost, výhodné optické vlastnosti, regulovatelná odrazivost vůči tepelnému a světelnému záření, vysoká tepelná vodivost, magnetická neutralita.

Hliník a jeho slitiny krystalizují v soustavě krychlové plošně centrované.

Pro zlepšení žádaných vlastností se používají přísady hlavní a vedlejší kategorie.

Přísady hlavní :

Přísady hlavní z převážné části zastupují měď, hořčík a křemík. Tyto prvky mají ve slitinách největší procentuelní výskyt ihned po hliníku. Dle těchto prvků určíme základní vlastnosti a typ slitiny.

Vedlejší přísady :

Vedlejší přísadové prvky nejsou do slitin přidávány záměrně. Dokonce mohou zhoršovat mechanické, technologické nebo chemické vlastnosti slitiny a překročí-li určitou koncentraci jsou považovány za nečistoty. Zdroje těchto prvků jsou vyzdívky, vsázkové suroviny, tavící přípravky či nářadí ze šrotu. Všeobecně ve slitinách tyto doprovodné prvky nejsou žádány. Ke snížení jejich obsahu používáme ředění čistých surovin. Mezi tyto přísady lze zařadit železo, zinek, olovo.

2.1.1 Rozdělení slitin hliníku

Slitiny hliníku dělíme podle několika kritérií. Základní kritérium dělí slitiny podle způsobu zpracování.

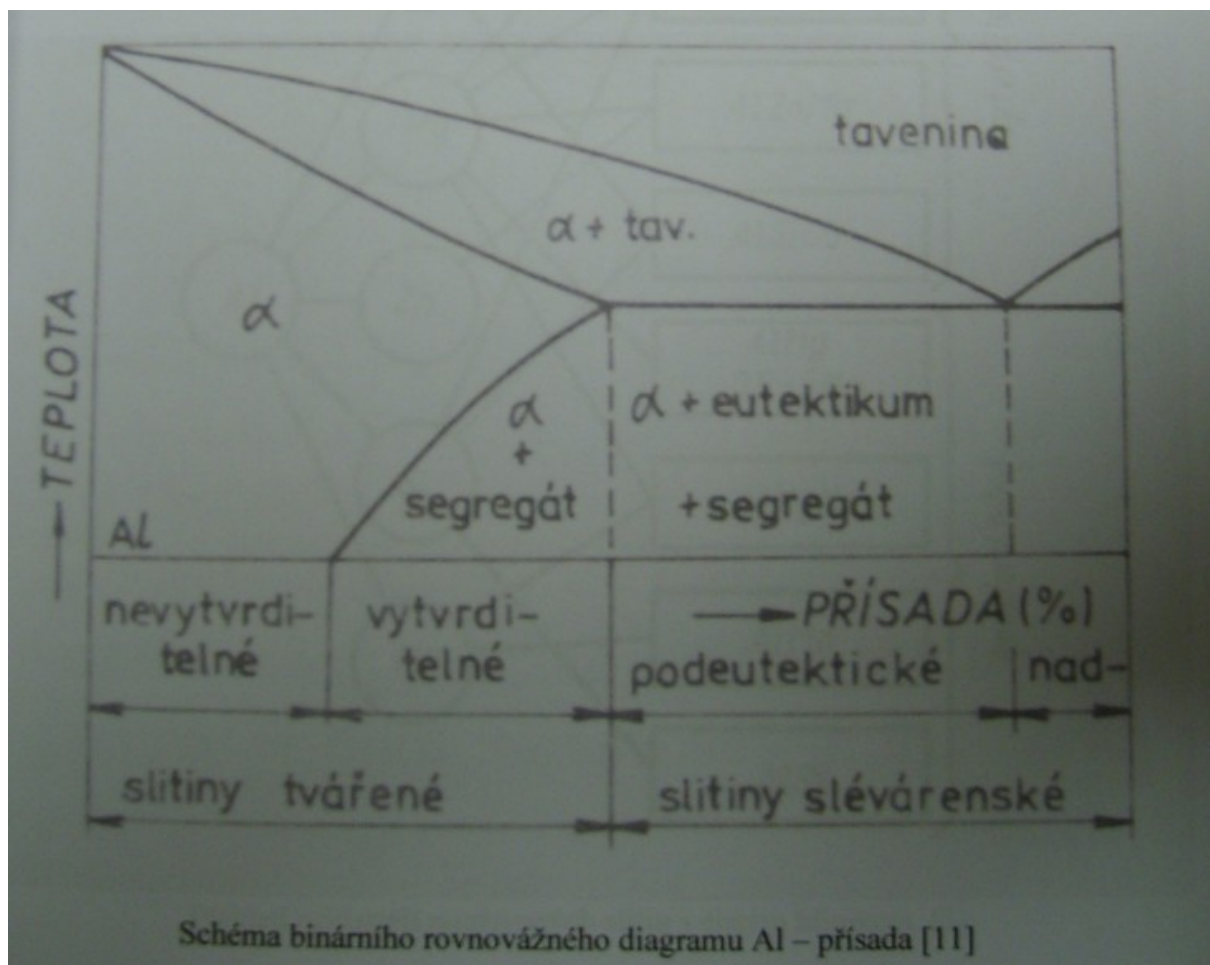
- Slitiny k tváření – ve slitinách určených k tváření se maximální obsah legujících prvků pohybuje do 11%.
- Slévárenské slitiny – obsah přísad u slitin určených ke slévání se pohybuje okolo 24%.

Dalším používaným kritériem dělení slitin hliníku je podle schopnosti zvýšení tvrdosti a pevnosti tepelným zpracováním.

- Slitiny vytvrditelné
- Slitiny nevytvrditelné

Vytvrditelné slitiny obsahují nejčastěji legury Mg, Si, Cu.

Mimo možnosti vytvrzení legury ovlivňují také další technologické vlastnosti slitiny hliníku a to hlavně slévatelnost, obrobitelnost, svařitelnost, tvářitelnost, elektrickou vodivost, odolnost proti korozi. Nejčastěji používané legury ve slitinách hliníku jsou Si, Cu, Mg, Zn, Mn, Ti.



Obr.2.1. Rovnovážný binární diagram AL-přísada

Hliníkové slitiny můžeme také dělit do podskupin dle použitých legur. Nejčastěji používané slitiny hliníku lze rozdělit do tří skupin.

- Slitiny Al-Si siluminy
- Slitiny Al-Cu duralaluminium
- Slitiny Al-Mg hydronalium

Další dělení slitin hliníku je dle hlavních přísadových prvků.

- *Binární slitiny* - obsah základních a přísadových prvků
- *Ternární slitiny* - obsah základního prvku, přísadového prvku a jednoho vedlejšího prvku
- *Vícesložkové slitiny* - obsah několika přísadových prvků

2.1.2 Označování slévárenských slitin

Od roku 2000 jsou slévárenské slitiny označovány dle evropské normy CSN EN 1706. Tato norma nahradila dřívější normu CSN 42 43xx a 42 45xx. Mezi další užívané označování slitin v české republice patří německá norma DIN 1725. Méně častěji užívaná je norma americká ASTM a jiné normalizační systémy.

2.1.3 Číselné značení slitin dle CSN EN 1706

Označení se skládá z předpony EN následována mezerou, písmeny AC (písmeno A určuje hliník a písmeno C určuje odlitky), spojovací čárka a 5 písmen označující chemické složení.

Význam pozic a číselných hodnot normy

- **První číslice:** obsahuje hlavní prvek přísady
2-slitiny Al-Cu
4-slitiny Al-Si
5-slitiny Al-Mg
7-slitiny Al-Zn
- **Druhá číslice:** udává skupinu slitin
- **Třetí číslice:** je pořadové číslo ve skupině
- **Čtvrté a páté:** číslo je označováno nulou

Skupina slitin	Označení slitin	
	Číselné	Chemická značka
Al-Cu	EN AC-21xxx	EN AC-Al Cu4
AlSiMgTi	EN AC-41000	EN AC-Al Si2MgTi
AlSi7Mg	EN AC-42xxx	EN AC-Al Si7Mg0,3
AlSi10Mg	EN AC-43xxx	EN AC-Al Si10Mg
AlSi	EN AC-44xxx	EN AC-Al Si12
AlSi5Cu	EN AC-45xxx	EN AC-Al Si6Cu4
AlSi5Cu	EN AC-46xxx	EN AC-Al Si9Cu3
AlSi9Cu	EN AC-47xxx	EN AC-Al Si12Cu
AlSi(Cu)	EN AC-48000	EN AC-Al Si12CuNiMg
AlSiCuNiMg	EN AC-51xxx	EN AC-Al Mg3
AlZnMg	EN AC-71000	EN AC-Al Zn5Mg

2.2 Typy slévárenských slitin hliníku jejich charakteristika

Slévárenské slitiny, na rozdíl od slitin určených k tváření, jsou charakteristické vyšším obsahem přísad, určitým množstvím eutektika ve struktuře, které zlepšuje jejich slévatelnost a horšími mechanickými vlastnostmi.

Základní skupiny hliníku k odlévání:

1. Al-Si, Al-Si-Mg a Al-Si-Cu
2. Al-Cu, Al-Cu-Si
3. Al-Mg
4. Al-Zn, Al-Zn-Mg

2.2.1 Slitiny typu Al-Si

Patří k nejdůležitějším slévárenským slitinám, jsou označovány jako siluminy. Vyznačují se malou hustotou $2,65 \text{ kg dm}^{-3}$, dobrou pevností a houževnatostí. Mají dobrou odolnost proti korozi, dobrou slévatelnost, dobře zabíhají a málo se smršťují. (0,4 - 0.6%). Odlitky z těchto slitin nejsou náchylné na praskání.

Podle obsahu křemíku, který je v rozmezí 4,5 – více % je možné slitiny rozdělit na podeutektické (4,5 až 10 % Si), eutektické (10-13% Si) a nadeutektické s vyšším obsahem křemíku nad 13%.

- Podeutektické slitiny

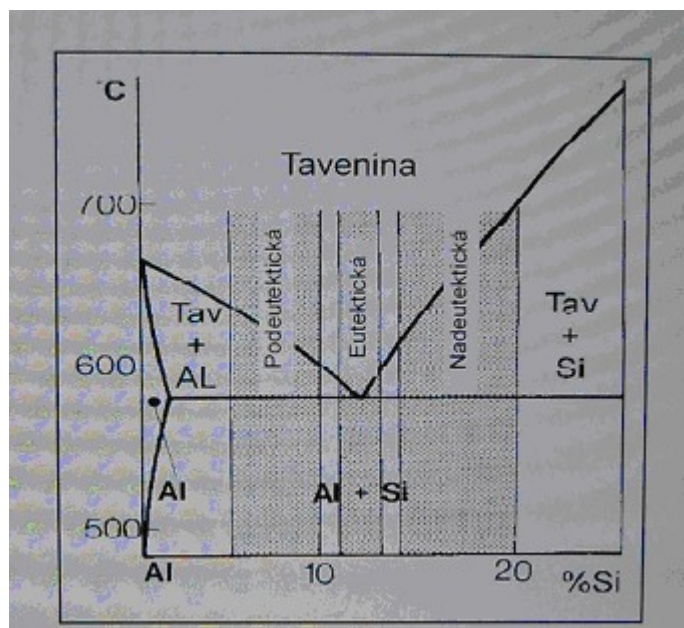
Podeutektické slitiny se vyznačují nižší zabíhavostí, jsou v hodnější pro lití tvarově nenáročných odlitků do písku

- Eutektické slitiny

Slitiny eutektického složení dobře vyplňují dutinu formy, málo se smršťují, mají velmi dobrou zabíhavost a malou náchylnost ke tvorbě trhlin za tepla. Používají se pro lití pod tlakem nebo do kokil. Jsou vhodné pro výrobu tenkostěnných tvarově náročných odlitků. Nejčastěji používanou slitinou je slitina AlSi12.

- Nadeutektické slitiny

Nadeutektické slitiny se vyznačují velmi nízkým součinitelem roztažnosti, což je výhodné pro odlitky pracující za zvýšených teplot (písty spalovacích motorů). Při použití modifikace a očkování se u těchto slitin zlepšuje tažnost a slévárenské vlastnosti celkově.



2.2 Rovnovážný diagram AL-Si

2.2.2 Slitiny Al-Si-Mg

Po precipitačním vytvrzení mají velmi dobré mechanické vlastnosti. Její vlastnosti se výborně aplikují na složité a velké odlitky. Vyznačují se dobrou tavnou svažitelností a dobrou obrobitelností.

Nejpoužívanějším představitelem je slitina AlSi10Mg. Jedná se o mírně podeutektickou slitinu s obsahem křemíku 9-10%. Slitina se vyznačuje dobrými slévárenskými vlastnostmi (zabíhavost). Je velmi odolná proti korozi. Slitina lze tepelně zpracovávat. Po precipitačním vytvrzení se vyznačuje vysokou tvrdostí, dobrou pevností a výbornou obrobitelností. Slitina obsahuje minimální množství mědi (do 0,05%) a tím je zaručena chemická odolnost a odolnost proti vzniku trhlin. Je používána převážně v automobilovém, potravinářském a leteckém průmyslu.

2.2.3 Slitiny Al-Si-Cu-Mg

Do této skupiny patří slitiny s obsahem křemíku 16-18%. Jedná se o slitiny s výbornou otěruvzdorností, malou teplotní roztažností, vysokou teplotní vodivostí, dobrými mechanickými vlastnostmi za zvýšených teplot a velmi dobrou slévatelností. Oproti těmto výborným vlastnostem mají velmi malou odolnost vůči korozi, nízké plastické vlastnosti a špatnou mechanickou obrobitelnost. Používají se převážně u odlitků kde je požadována otěruvzdornost.

2.2.3 Slitiny Al- Si-Cu

Vykazují dobrou odolnost proti opotřebením s vyšší tvrdostí a jsou vhodné pro odlitky rozmanitých tvarů, u kterých můžeme tyto vlastnosti uplatnit.

Nejpoužívanější slitinou pro tlakové lití je slitina AlSi8Cu3. Je označována jako univerzální slitina. Slitina má velmi dobrou slévateľnost a mechanické vlastnosti, z důvodu obsahu mědi však má nižší odolnost vůči korozi.

2.2.4 Slitiny Al-Mg

Obsahují hořčík v rozsahu 4-12% jako hlavní legující prvek. Škodlivost železa se eliminuje dodáním manganu o hodnotě 0,3-0,8%, který současně zvyšuje pevnostní vlastnosti. Tvrdost se pohybuje v rozsahu 60-70 HB, mez pevnosti 150-280 MPa a tažnost 1-9%.

Jsou určeny hlavně do korozivního prostředí jako je přímořská vlhkost, mořská voda, činidla v potravinářském, či chemickém průmyslu. Tento typ slitin se také hojně využívá jako slitina pro dekorativní účely ve stavebnictví a architektuře.

Při vysokých požadavcích na korozivzdornost je nutné dodržovat přísné podmínky pro zachování čistoty slitiny. I minimální množství mědi ve slitině způsobuje snížení odolnosti vůči korozi.

Mezi výhodné vlastnosti patří dobrá obrobiteľnost a snadná leštitelnost povrchu, čímž se dosahuje atraktivního vzhledu, který lze využít při eloxování (Anodická úprava) a barvení odlitků.

S rostoucím obsahem hořčíku se zhoršuje slévateľnost slitiny. Přidáním křemíku do slitiny můžeme zlepšit její slévateľnost. Slitina Al-Mg má vysoký sklon k oxidaci během tavení, z tohoto důvodu se do slitiny přidává Be nebo Ca.

2.2.5 Slitiny Al-Cu

Jedná se o vysokopevnostní slitiny. Obsah mědi se ve slitině pohybuje mezi 4-5 %. Slitiny lze precipitačně vytvrzovat, čímž se dosahuje pevnosti v tahu až k 350MPa a tažnosti 8%. Nevýhodou těchto slitin je její velmi špatná slévateľnost. Z tohoto důvodu se používá pro odlévání jednoduchých odlitků, kde je požadována vysoká pevnost. Přidáním křemíku do slitiny selepší slévářenské vlastnosti, avšak na úkor dobrých mechanických vlastností.

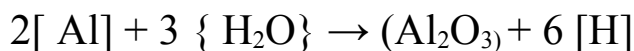
2.3 Plyny ve slitinách hliníku

Dutiny v hliníkových odlitcích způsobují objemové změny při tuhnutí odlitků a obsah plynů v roztaveném kovu. Největší podíl na zvýšeném obsahu plynu má vodík. Vodík je prvek s nejmenším atomovým poloměrem a je jediným prvkem, který může do slitiny difundovat i při normální teplotě.

2.3.1 Zdroje vodíku

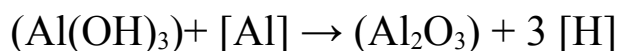
Nejčastějším zdrojem vodíku je vlhkost v atmosféře tavicích agregátů. Dojde-li ke styku roztaveného kovu s vodní párou, dochází k disociaci vody, kde kyslík reaguje s hliníkem. Při této reakci vzniká oxid hliníku a vodík jenž se v roztaveném kovu rozpouští.

rovnice reakce



Hlavním činitelem který může působit jako zdroj vodíku v tavenině je vsázka. Je nutné skladovat housky a vratný materiál v suchém prostředí. Před vlastním tavením slitiny je nutné vsázku předežhát. Pokud se u vsázky nedodrží důsledné předežhání, ale jen vysušení dojde následně k uvolnění vodíku. Voda je totiž vázána v pórech povrchu vsázky a hydroxidech, které se vyskytují na povrchu ve formě $Al(OH)_3$. Vodní pára reaguje v průběhu tavení pouze s kovovým hliníkem nikoliv s oxidy hliníku. Neporušená vrstva oxidu na povrchu poměrně dobře chrání taveninu před dalším naplyněním, ale pouze do teploty 900°C. Při překročení této teploty se naplynění slitiny radikálně zvyšuje.

Rovnice uvolnění vodíku:



Dalším zdrojem vlhkosti jsou tablety, krycí a rafinační soli. Soli a tablety je nutné skladovat v suchém a vytápěném prostředí. Obaly, v nichž se nacházejí, musí být uzavřeny, neboť tablety často bývají hygroscopické a absorbují vodu z okolního prostředí. Před použitím by se tablety a soli měly vysušit například použitím předežhívače.

Jiné zdroje vodíku jsou například nové tavící kelímky a nové vyzdívky. Je nutné je před prvním použitím vysušit a předežhřát do červeného žáru (až na teplotu 900°C). Tento postup doporučuje každý výrobce kelímků, kde popisuje jak správně před prvním užitím kelímek vysušit. V přerušovaném provozu je nutností kelímky udržovat předežhřáté na 500 °C.

Používané kovové nářadí musí být opatřeno ochrannými nátěry a taktéž pečlivě vysušeno.

Jako vedlejší zdroje vodíku lze označit uhlovodíky a vodní páru ze spalných plynů v tavících nebo udržovacích pecích, nebo ze znečištěné či zamaštěné vsázky.

2.3.2 Rozpustnost vodíku

Jedná se o veličinu charakterizující maximální množství vodíku, které se může za rovnovážných podmínek rozpustit v kovu určitého chemického složení. Základní rozdělení do dvou skupin.

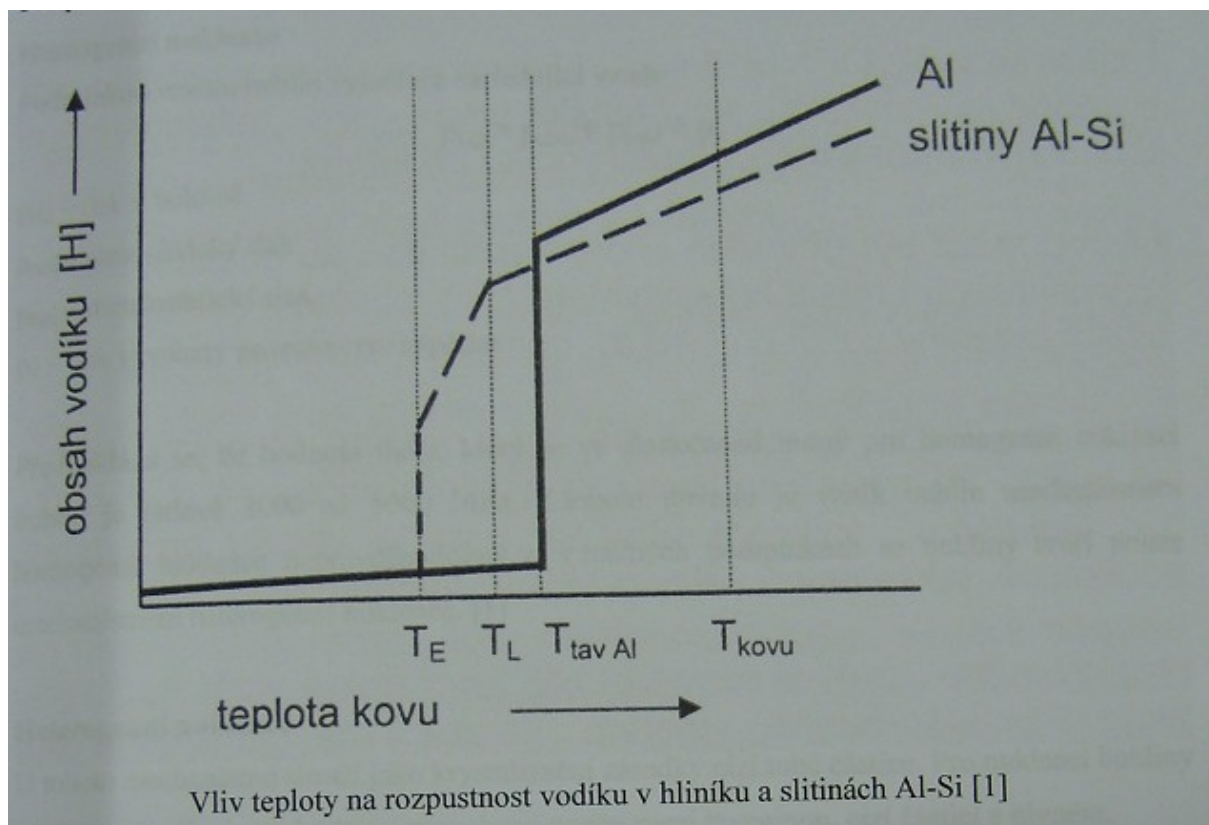
- 1) rozpuštěné množství vodíku je větší než normálové

K této situaci dochází při nerovnovážných podmínkách ke kterým dochází například při rychlém ochlazování, kdy je v kovu obsaženo větší množství vodíku než odpovídá rozpustnosti normálové (jedná se o přesycený tuhý roztok).

- 2) rozpuštěné množství vodíku je menší než normálové

K této situaci dochází například při tavení, kde je omezený přístup vlhkosti nebo při odplynění taveniny.

Maximální obsah vodíku, který může být obsažen v roztaveném hliníku je dán křivkou rozpustnosti. S klesající teplotou se toto maximum snižuje. Je-li v tavenině přítomno větší množství vodíku než udává křivka, dochází při překročení meze rozpustnosti k úniku přebytečného vodíku z taveniny difúzí nebo k tvorbě plynových bublin. Snížení rozpustnosti vodíku během tuhnutí je hlavní příčinou vzniku plynových dutin ve slitinách hliníku.



Rozpustnost vodíku u slitin má stejný charakteristický průběh jako u čistého hliníku. Rozpustnost se mění v průběhu teploty krystalizace (mezi teplotou solidu a likvidu). Kromě teploty je rozpustnost ovlivněna doprovodnými slitinovými prvky. Prvky které ji snižují jsou např. křemík, zinek, měď a mangan. Ke zvyšování dochází za přítomnosti titanu, lithia, sodíku, vápníku a hořčíku.

2.4 Ošetřování materiálu

2.4.1 Rafinace taveniny

Rafinace tavenin je jeden z nejstarších a nejpoužívanějších způsobů ošetření a čištění tavenin slitin hliníku. Základní složku rafinačních solí tvoří hlavně chloridy a fluoridy alkalických kovů např. kryolit. Složení solí záleží na použití a výrobcí. K výčtu základních vlastností patří nerozpustnost v hliníku, nižší teplota tání než je teplota tání taveniny, nízká tenze par za pracovních teplot, menší hustota než hliník, nízká viskozita, schopnost srážet oxidy a ostatní nekovové vměstky, nesmí napadat vyzdívku a stěnu kelímku.

Soli se musí skladovat na suchém místě, z důvodu obsahu hydrokopických sloučenin. Soli se před použitím vysouší teplotou okolo 250 °C.

Základní typy solí:

- Krycí- chrání taveninu před oxidací
- Čistící- odstranění oxidů a vměstků rozptýlených uvnitř taveniny (čištění + odplynění)
- Čištění –srážení a odstranění vměstků a oxidů z povrchu taveniny

Čištění povrchu taveniny

Hlavním účelem rafinace s použitím solí pro odstranění oxidů a nekovových vměstků z povrchu taveniny a jejich převedení do stěrů s minimální ztrátou. Sůl se rovnoměrně rozptýlí po hladině tak aby vytvořila souvislou vrstvu a opatrně se zamíchá do povrchové vrstvy taveniny. Výrobce určuje množství soli a teplotu při které je aplikována. Většina solí vyvolává exotermickou reakci. Teplo vzniklé během reakce uvolní kov zachycený na stěrech (obsahují 60-85% kovu), který vyteče zpět. Do taveniny se vrací asi 50% kovu a zbytek zoxiduje. Po ukončení reakce suchá struska vyplave na povrch hladiny a pohodlně se odstraní z taveniny.

Rafinace pomocí solí k odstranění oxidů z taveniny

Toto čištění se používá k odstranění nekovových vměstků a oxidů rozptýlených uvnitř taveniny. Oxidy hliníku mají prakticky stejnou hustotu jako tavenina hliníku, proto se vznášejí v tavenině a jejich odstranění je proto velmi náročné. Čištění probíhá reakcí soli s mikroskopickými částicemi oxidu hliníku. Při reakci vznikají komplexní sloučeniny

(fluorokomplexy). Reakcí se zvyšuje smáčivost oxidů a usnadňuje se jejich vyplutí na povrch. Lehčí částičky solí strhávají a vynášejí oxidy hliníku na povrch taveniny a převádějí je do stěrů.

Rafinace pomocí krycích solí je založena na zabránění tvorby oxidů a naplynění taveniny během tavení a udržování teploty. Tento úkol je však složitý, protože je velmi nemožné a prakticky neuskutečnitelné udržet souvislou vrstvu soli na hladině taveniny. Tavenina je v tavících pecích v neustálém pohybu (směr pohybu závisí na druhu udržovací pece). Seběmenší pohyb taveniny znamená okamžitý vznik nových oxidů. Navíc vrstva solí stěžuje u tavících vanových pecí přístup tepla a hořáky proto musí pracovat na vyšší výkon. Hladina taveniny je v udržovacích pecích neustále narušována nabíráním kovu a krycí sůl se může zamíchat do taveniny což způsobuje vyšší pravděpodobnost výskytu vměstků.

Z tohoto důvodu se u hliníkových slitin typu Al-Si používají rafinační sole pouze pro vyčištění hladiny taveniny a odstranění nahromaděných oxidů v tavících pecích po dokončení tavení. Dále pak se rafinační sole používají při přelití do přepravního kelímku a do udržovacího kelímku. V průběhu lití je dostačující pravidelné čištění povrchu taveniny stahováním nahromaděných oxidů.

Slitiny typu Al-Mg se musí chránit speciálními typy solí, jenž zabraňují vyhoření hořčíku, tvorbě oxidů a nitridů.

Proces aplikace soli do taveniny spočívá v ponoření soli speciálním zvonem do předem natavené slitiny a vmíchává soli do celého objemu taveniny. Kvalita je závislá na zkušenostech a pečlivosti pracovníka. Poté se tavenina odstaví pro možnost vyplavání stěrů z taveniny. Většinou se uvádí odstavení u tavící pece na 1-2 hodiny a pro přelévací pánev a udržovací kelímek 5-10 min.

Z ekologického hlediska jsou rafinační soli s obsahem fluoridu nevhodné. Fluoridy jsou rozpustné ve vodě a jedovaté. Stále jsou více preferovány metody používání rafinace bez solí obsahující fluoridy.

2.4.2 Modifikace taveniny

Vlastnosti a strukturu slévárenské slitiny lze ovlivňovat úpravami tekutého kovu. Úprava spočívá přidáním vhodné látky, jenž ovlivňuje slitinu v průběhu krystalizace. Nejznámější úpravou taveniny je modifikace slitiny.

Modifikace se používá převážně pro slitiny typu Al-Si. Slitiny typu Al-Si jsou charakterizovány rovnovážným diagramem eutektického typu s neomezenou rozpustností v tekutém stavu a omezenou rozpustností ze strany ze strany hliníku a plnou nerozpustností ze strany křemíku v tuhém stavu. Modifikování Al-Si slitin je metalurgická operace, při které dochází z hlediska mechanických vlastností k příznivé změně morfologie eutektického křemíku. V nemodifikovaném stavu se eutektikum ve slitině Al-Si vylučuje v podobě hexagonálních desek. Rozložení těchto desek může být dvojího druhu. První druh je znám jako zrnité eutektikum a druhý typ jako vějířovitý eutektikum.

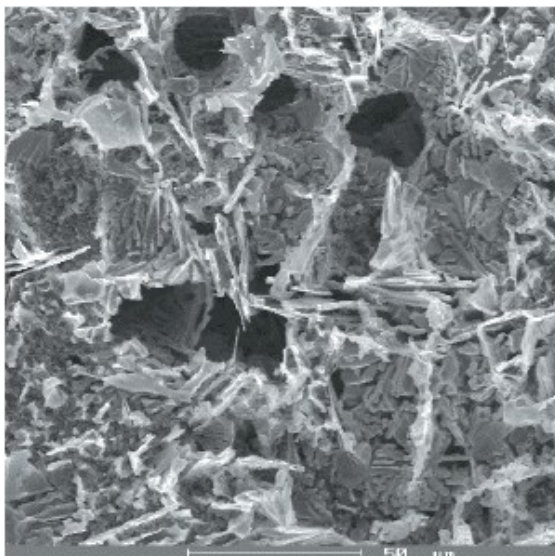
Slévárenské slitiny typu Al-Si obsahují ve struktuře velký podíl eutektika. Z tohoto důvodu modifikací docílíme významného zvýšení zejména houževnatosti, pevnosti v tahu a tažnosti slitiny. Dochází k převedení zrnité eutektické struktury na strukturu lamelární nebo lépe na jemně vláknitou. Modifikační efekt je založen na faktu modifikačního potlačení nukleace křemíku na zárodcích ve slitině vždy přítomných, tak že růst je zahájen při nižších teplotách. Modifikační činidlo je povrchově aktivní prvek, který se přednostně absorbuje na krystalografických Si, které jsou pro růst krystalů nejvýhodnější. Rozdíl proti očkování spočívá ve změně tvaru a rychlosti růstu krystalů eutektického křemíku.

Nejčastěji používaným modifikátorům patří sodík. Sodík je do taveniny vsázkován ve formě tablet nebo ve formě solí. Nejznámějším dodavatelem těchto modifikátorů je firma Foseco (například název tablet Simodal 97) a německá firma Schäffer (název tablet Eutectal). Nevýhodou použití sodíku je nízká doba účinnosti, která se pohybuje pouze mezi 30 minutami ve výjimečných případech 1 – 2 hodiny. Sodík ve slitině způsobuje také naplynění slitiny.

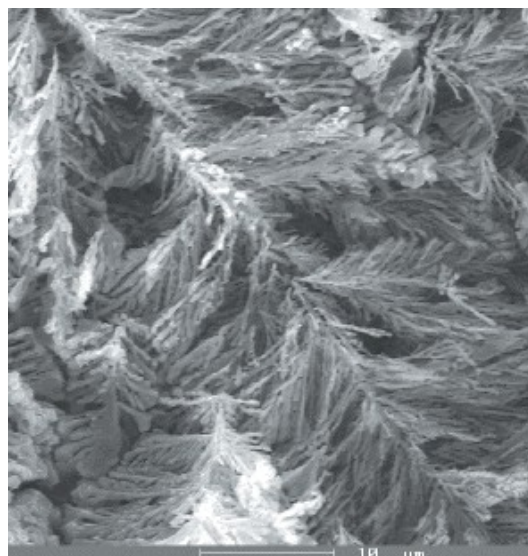
Mezi další používané typy očkování patří stroncium. Účinnost stroncia je vyšší jak u sodíku a to mezi 1 -2 hodinami. Stroncium se do slitiny dává v podobě drátu z předslitiny např. AlSr5, AlSr10 a podobně. Množství stroncia ve slitině musí být v rozmezí 0,03 – 0,06%. Při překročení této hranice vzniká ve slitině křehké fáze, které zhoršují mechanické vlastnosti.

Pro nadetektické slitiny se pro modifikaci nejčastěji používá fosfor.

Mezi méně používané modifikátory můžeme zařadit vápník, telur, bárium, antimon. Antimon je často používán pro kokilové odlévání a to především ve francouzských slévárnách.



Neorientované rozložení křemíku ve slitině
AlSi10Mg



AlSi10Mg – nemodifikovaný eutektický Si
vlákna eutektického křemíku ve slitině
modifikováno 0.04% Sr

2.4.3 Očkování taveniny

Jedná se o metodu, kterou ovlivňujeme krystalizaci slitiny na základě přísad pro zjemnění zrna.

Očkování taveniny je nejvíce účinné u podetektických siluminů, kde procento křemíku je v rozmezí 5 – 7%. Tyto slitiny mají vysoký podíl tuhého roztoku α . Zjemnění tuhého roztoku se provádí přidáním prvků titanu a bóru, které se přidávají do slitiny ve formě předslitin typu AlTi, nebo AlB a nebo dohromady v předslitině typu AlTiB.

Nejčastěji používanou předslitinou pro očkování siluminů je AlTi5B. Bór je ve slitině úplně navázán v nerozpustné fázi TiB_2 , která je zpravidla vyloučena velmi jemně a tím netvoří aktivní krystalizační zárodky. Zbytek titanu je vyloučen v intermetalickou fázi TiAl_3 , která je v tavenině rozpustná. Tato fáze vytvoří obal okolo nerozpustné fáze TiB_2 . Zjemnění tuhého roztoku alfa titanem a bórem probíhá tak, že částice fáze TiB_2 s obalem tvořeným TiAl_3 působí jako krystalizační zárodky.

Mimo titanu a bóru lze slitiny hliníku také očkovat přidáním prvků zirkon, vanad, chrom, železo, kobalt. Tyto očkovadla však v praxi nejsou používány.

Očkování hořčkových slitin není běžné. Strukturu hořčkových slitin je možno zjemňovat přísadou uhlíku (ve tvaru sazí) a zirkonia. Zjemnění zrna se převážně dosahuje přehříváním slitiny na teplotu 850°C a řadou jiných operací.

2.5 Charakteristika formovacích směsí

Formovací směsi se používají k výrobě slévárenských forem a jader. Základní složkami jsou ostřivo, pojivo a pomocné látky. Směsi pro výrobu forem a jader musí být odolné vůči vlivu roztaveného kovu, dobře zpracovatelné a soudržné. Druhy formovacích směsí se liší dle původu ostřiva, zrnitosti ostřiva a druhu použitého pojiva.

2.5.1 Ostřivo

Ostřivo je tvrdá složka ve formovací nebo jádrové směsi. Propůjčuje směsi potřebnou pevnost v tlaku. Nejčastěji používané ostřivo je křemenný písek. Tvar, velikost a stejnosměrnost zrn ostřiva má základní význam pro výsledné technologické vlastnosti formovací směsi. Pojivo obaluje zrna ostřiva takže se přímo navzájem nedotýkají a jsou od sebe oddělena nepatrnou vrstvičkou vazkého pojiva, které působí podobně jako mazadlo, snižuje součinitel tření mezi zrny. U hlinitých pojiv (jílů) má rozhodující vliv na jejich pojivost obsah vody ve směsi. Stejně působí vlhkost směsi i na hodnotu součinitele tření mezi zrny. Vyšší obsah vody ve směsi zpravidla usnadňuje posuvy zrn k jejich těsnějšímu uspořádání. Proto pěchováním vlhké směsi s hlinitým pojivem vzniká hustá a pevná, ale neprodyšná forma. Naopak při malé vlhkosti bude pěchovaná forma prodyšná, ale méně pevná.

Schopnost směsi přesouvat zrna ostřiva působením vnějších sil nazýváme “tekutost” směsi. Zrna přírodních písku jsou často nekulatá, podlouhlá až ostrohranná. Taková směs je špatně spěchovatelná, málo pevná, ale prodyšná. Velikost zrna ostřiva bývá převážně ve směsi nerovnoměrná, proto různé velikosti zrn zjišťujeme síťovým rozborem. Drobné komponenty ostřiva ucpávají póry mezi většími zrny. Tím se zvyšuje vaznost směsi v závislosti na vyšším počtu vztyčných míst mezi zrny.

Je-li směs upěchována tak, že se zrna navzájem dotýkají, aniž by mezi nimi zůstávala vrstva pojiva, nemůže se směs dále zhušťovat.

Působí-li na směs větší síla, může nastat pružná deformace křemených zrn napětím v tlaku podle Hookova zákona:

$$v = \frac{\Delta l E}{l} \quad [\text{Nm}^{-2}]$$

kde : v je vyvolané napětí v tlaku

$\frac{\Delta l}{l}$ poměrné stlačení zrna o hodnotu Δl

E modul pružnosti křemene asi 4905 kN. Mm⁻²

Při zvlášť velkém namáhání směsi tlakem by mohlo nastat drcení zrna ostřiva, což by způsobilo při následném užití zvýšení obsahu prašných částic.

Ostřivo tvoří největší podíl ve směsi, zpravidla 80%, někdy i přes 90% hmotnosti směsi. Dodává směsi potřebnou pevnost v tlaku a má vliv na průběh odlévání, tuhnutí a na výslednou jakost odlitku.

Největší vaznosti dosáhneme s ostřivem o velikosti zrna 0,2-0,3 mm. Písek jemnější nebo hrubší dává již vaznost menší.

Dělení ostřiv:

1. Přirozená- křemen, zirkon, olivín
2. Umělá nebo uměle připravená- umělý korund, šamot, forsterit, mullit
3. Živočišného či rostlinného původu- křemelina

Dělení dle chemického složení:

1. Kyselá- křemen
2. zásaditá- magnezit
3. neutrální-korund, chromit

2.5.1.1. Křemenné písky

Křemenné písky patří mezi nejekonomičtější a proto nejrozšířenější druh ostřiva používaných pro přípravu syntetických směsí. Hlavním minerálem je křemen (SiO_2), který krystalizuje v soustavě trizonálně trapezodrické. Tvrdost má 7, měrná hmotnost se pohybuje v mezích 2620-2660 kg/m³.

V ČR je mnoho nalezišť s křemennými písky s vysokou jakostí, mezi nejznámější patří oblasti : křídové stáří, moravská křídová tabule, písky váté a kaolínové.

Charakteristika českých křemenných písků

- ***Písky křídového stáří***

Křemenné písky velmi málo znečištěné jílovými minerály a malým procentem vyplavených podílů (pod 0,5%). Mineralogicky i chemicky velmi čisté. Povrchové znečištění zrn železitými sloučeninami je velmi malé. Písky jsou prakticky bez živců s ideálními vlastnostmi pro odlévání ocelové litiny. Nejznámější naleziště je Střeleč poblíž českého ráje a Provoďín u České Lípy.

- ***Křemenné písky moravské tabule***

Písky jsou ve srovnání s předchozí skupinou méně kvalitní. Písky jsou použitelné i pro ocelové odlitky. Tvarová charakteristika je obdobná jako u písků z české křídové tabule. Surovina ze Svitavského naleziště obsahuje asi 6% zeminného pojiva. Převážná část Fe_2O_3 je vázána na povrch zrn a na vlastní křemennou hmotu. Tento písek není vhodný pro slévárny oceli.

- ***Písky váaté***

Naleziště písků je v oblasti moravsko-slovenského pomezí. Písky se vyznačují vysokou kulatostí zrn, která je výsledkem obrušování a eroze při vzdušném a vodním transportu. Proto tyto písky rozdělujeme na dva druhy dle lokalit

1. tropické pouštní písky
2. písky pobřežních dun mírného pásma

Naleziště Šajdíkovy Humence

Velice kulaté písky s minimálním obsahem vyplavitelných látek. Hlavní složkou podílů je pod 0.063mm je křemen vedle kaolinitu. Zrna jsou hladká. Vzhledem k vysokému obsahu živců se písek nehodí na slévání oceli.

Strážnice

Ve srovnání s Humenci má písek vyšší odplavitelnost a je méně chemicky čistý. Hlavní složkou je křemen, kalcit, montmorillonit a slídové minerály. Obsahuje vyšší obsah živců a horninových úlomků. Má proto také vyšší nasákavost než Střeleč. Zrna písku ze Strážnice jsou dobře opracována s hladkým povrchem.

Mostkový les

Písek KLUK má poměrně kulaté křemenné zrna, které je zbarveno žlutavě železitými sloučeninami. Železo je vázáno převážně na limonitové tmely a povlaky zrn, méně již na těžké minerály. Zrna jsou většinou hladká. Oproti písku Strážnice má Kluk vyšší obsah vyplavitelných látek, ale menší množství limonitového Fe.

- ***Odpadní písky po plavení kaolinu***

Kaznějov

Jedná se o písek s nejhoršími vlastnostmi. Obsahuje vysokou hodnotu vyplavitelných podílů (křemen a kaolinit).Písek má ostrohranná zrna, je velmi porézní a v pórech jsou uloženy zbytky kaolinu. Poróznost se projevuje vysokou nasákavostí.

Hlubany

Písek velmi nízkou pevností směsí, i přes kulaté zrna obsahuje 10% rozložených živců, které se vyznačují mléčně bílou barvou nižší tvrdostí, oproti zrnům křemene. Tyto

zrna jsou porézní a proto je písek velmi nasákavý. S tímto pískem se dobře pracuje ve směsích furanových a skořepinových.

Nevýhody křemenných písků:

1. Zvýšená reaktivnost- za vysokých teplot
2. Neplynulá teplotní dilatace- závislost na malé rozměrové přesnosti
3. Cristobalitická expanze- při teplotách nad 900°C
4. Silikosa- nemoc z křemenného prachu

2.5.2. Pojivo

Je část formovací směsi která umožňuje soudržnost formovací směsi v jeden celek. Pojiva dělíme na anorganická (jíly, vodní sklo) a organická (Pryskyřice, tuky, sacharidy).

2.5.2.1. Pojiva první generace

Jedná se o pojiva anorganická, na bázi jílu která patří mezi nejužívanější. Jsou používány při formování na syrovo i na sušení. Důležitou složkou jílových pojiv je voda, která se vyskytuje ve více formách. Voda vázaná ve formě molekul H_2O , či vázaná ve formě OH skupin, nebo jako voda volná fyzikálně vázaná (na povrchu částic, mezivrstevném prostoru, v koordinačních sférách výměnných kationů)

Rozdělení jílu

- ***Kaolinitický***

Vysoce žáruvzdorný, ale málo bobtnavý. Převážně používaný na odlévání ocelových odlitků. Kaolin v surovém stavu je vhodný pro formovací materiály, má vysokou teplotu spékání a je vhodný pro přípravu syntetických směsí, na sušení pro odlévání hmotných odlitků z litiny s lupínkovým grafitem a oceli na odlitky.

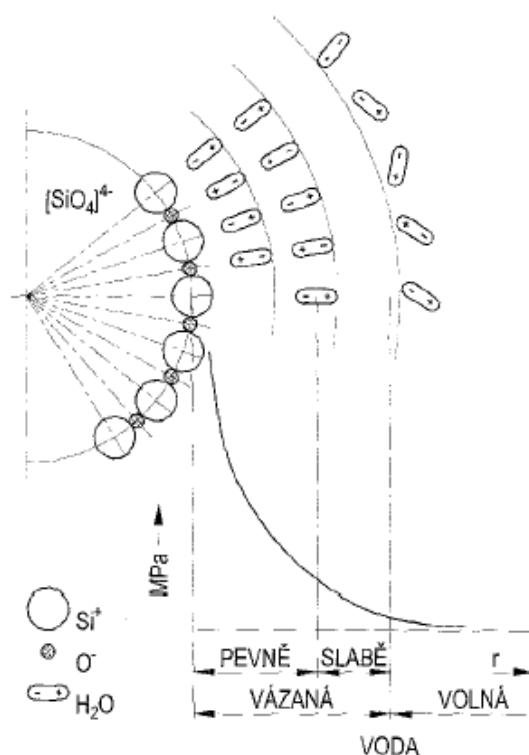
- ***Ilitický***

Středně velká žárupevnost a bobtnavost. Jedná se o hlavní pojivo přírodních směsí. Má nazelenalou barvu. Hlavní představitel je glaukonit, jenž je tvořen drobnými zrnky zelené barvy. Po dokonalém rozetření je velmi plastický a proto formovací směsi dosahují velkých vazností. Spékavost má okolo 130°C a proto na lici zanechává tenkou spečenou vrstvu formovacího materiálu.

- **Montmorilitický**

Malá žárupevnost, ale velká bobtnavost. Obchodní název je Bentonit nebo Sabelit a jeho hlavní použití je pro výrobu forem k odlévání litiny. Je velmi plastický a má výborné adsorpční schopnosti. Díky své výborné vaznosti je možné užití 1/3 množství oproti ostatním jílovým pojivům. Z důvodu nízkého obsahu vody a kvalitní vaznosti je možné odlévat formy na syrovo.

Jílová pojiva jsou dodnes velmi používána s ohledem na ekologickou nenáročnost.



Obr.2.8 Systém pojiv první generace

2.6.2.2. Pojiva druhé generace

Jsou založená na chemické podstatě pojení, buď za studena, nebo za tepla. Pro vytvrzení za studena používáme CO₂ proces, který urychlí dobu vytvrzování. Mezi nejznámější technologie s použitím pojiv druhé generace jsou systém vodní sklo-Co₂, použití geopolymerních pojiv, systém resol-Co₂, technologie Cold box, technologie Hot

box, systém Alphaset, použití samotvrdnoucích směsí No-Bake, Systém Pep Set a nová technologie použití biopolymerních pojiv.

- ***Systém vodní sklo - Co₂***

Jedná se o řízenou vytvrzovací reakci CO₂ s vodním sklem, díky níž je možno vyrábět i těžké a masivní odlitky “na syrovo”. Směsi s vodním sklem se staly jednou z nejdůležitějších technologií v 60 a 80 letech v celé Evropě. Jedná se o technologii s anorganickým pojivem. Nevýhody směsi s vodním sklem je nízká až nulová vaznost, zhoršená rozpadavost, horší regenerovatelnost ostřiva, omezená skladovatelnost jader, nižší pevnost po vyvržení ve srovnání s organickými pojivy.

- ***Geopolymerní pojiva***

Jedná se o anorganické pojivo, kde složení je podobné jako vodní sklo. Pojivo obsahuje křemík a hliník ve formě polysialátů. Směs se vyznačuje vysokou pojivovou schopností. Pro vytvrzení se používá tvrdidlo SA61 (obchodní značení). Větší množství tvrdidla zvýší okamžitou pevnost směsi.

- ***Systém Rezol-Co₂***

Pro vyvržení směsi se používá Co₂ proces. Mezi nejznámější rezoly patří Novanol, Carbophen a nově používaný Ecolotec. Pojivem je zde fenol a formaldehydová pryskyřice. Při výrobě s touto technologií je nutné použít jiný mísič než u metody obsahující vodní sklo, protože se ostřivo nejprve váže s vodním sklem. Směs vyrobená metodou rezol-Co₂ má větší pevnost a vyšší tekutost jak CT směs. Nevýhodou této směsi je citlivost na vytvrzovací tlak a možnost přemrazení a tím může dojít k lokálnímu rozpadání směsi.

- ***COLD BOX***

Využívá organických pojiv jako je tomu i u metody HB, ale vytvrzování probíhá za studena profouknutím plynným kondenzátem. Stejně jako u metody CT používáme CO₂. Jedná se o nejvýhodnější metodu než metoda CT, či HB. Na závadu ovšem je skutečnost, že pojivo i katalyzátor používaný pro tuto metodu je velmi drahý a z hlediska bezpečnosti a hygieny nebezpečný. Princip tvorby jádra spočívá ve vstřelení směsi ostřiva s pojivem a běžnými přísadami proti zapékání. Poté je upěchovaná směs profouknuta katalyzátorem. Stykem pojiva s katalyzátorem dochází k okamžitému ztuhnutí pojiva a jádro je vytvrzeno. Metoda CB je vhodná pro výrobu odlitků z litin, oceli i hliníkových slitin.

Jako pojivo se používá furan a katalyzátorem je dimethyletylamin, který je nejreaktivnější, ale má největší zápach, nebo dimethylizopropylamin a nebo trietylamin, kde směs po vytvrzení vykazuje největší pevností. Amin obsažený v katalyzátoru je ve

směsi se vzduchem výbušná a zdraví škodlivá, proto je nutné velmi intenzivní odsávání přímo z jaderníku.

- ***HOT BOX***

Systém pracující s horkým jaderníkem, kdy je celý proces urychlován profukáváním horkým vzduchem. Stabilita a skladovatelnost jader je zvýšena profukováním horkým CO₂. Jaderníky musí být opatřeny soustavou průchodů, z důvodu rovnoměrného prohřívání v celém objemu. Před vstřelováním je dobré vyhřát jaderník na 40-60°C, jinak dochází k lepení jader na jaderník. Teplota vstupujícího vzduchu se má pohybovat v rozmezí 45-47°C.

Jádra se vytvrzují poměrně rychle, mají dobrou pevnost a velmi dobrou rozpadavost u odlitků ze šedé litiny a Al slitin. Namíchanou směs je třeba chránit před přístupem vzduchu z důvodu samovolné dehydratace.

Směs se skládá z pojiva ostřiva a přísad. Směs musí rychle tvrdnout ve styku s ohřátým jaderníkem. Nejvhodnější jsou pojiva, co rychle tvrdnou při co nejnižší teplotě. Nesmí být plastické v rozmezí teplot, za kterých se jádra vyrábí. Plastičnost pojiva by znamenalo deformaci jádra při vyjímání z jaderníku, což by zrušilo přesnost výroby, kterou chceme touto metodou dosáhnout. Tím že metodou horkých jaderníků se vyrábí i jádra plná, je dána nutnost používat pojiva, jejichž cena je zhruba stejně vysoká jako cena běžných jádrových pojiv. Směs musí být chemicky netečná ve styku s tekutým kovem.

- ***Alphaset***

Jedná se o organické pojivo, kde pojivem je alkalická fenolová pryskyřice. Pojivo obsahuje draslík, který nahradil v OH skupině vodík. Tvrdidlem je látka na bázi esterů. Výhodou směsi je menší vliv vlhkosti jak u směsi s furany a menší vývin plynu při formování a průběhu lití. Směs není pro přírodu nebezpečná.

- ***Samotvrdnoucí směs No-Bake***

Směs No-Bake můžeme rozdělit na dva druhy na systém anorganický a systém organický. U anorganického systému je pojivem vodní sklo a katalyzátorem je ester. U organického systému je pojivem furan nebo fenol a katalyzátorem kyselina PTS (H₃PO₄).

- ***PEP-SET***

Jedná se principiálně o podobný proces COLD BOX s použitím tekutého katalyzátoru díky kterému dochází ke skokovému vytvrzování. K výhodám technologie PEP-SET patří dobrá tekutost, rozpadavost, nulový obsah prvků N,S,P. Dobrá formovatelnost společně s krátkým časem vytvrzování. K nevýhodám řadíme pouze zápach při odlévání.

- ***Biopolymerní pojiva***

Používám pojivo značky GMBOND kterou vynalezl BIOTECHNOLOGIE MONTREAL. Pojivem je protein (derivát aminokyselin). Tato směs se zkoumá na VUT Brno, kde je jako pojivo používá odpad z farmaceutického průmyslu. Teplota termodestrukce nad 300-500°C a tím je ideální pro AL slitiny.

- ***Proces mikrovlnného vytvrzování***

Jedná se o velmi perspektivní, leč energeticky velmi náročný proces. Teplo vzniká pouze v silikátových filmech na zrnách ostřiva. Používáme elektromagnetických vln o frekvenci 2450MHz. Tímto postupem doahujeme dvakrát vyšší pevnosti v ohybu než při vytvrzování estery. Z toho plyne nižší spotřeba pojiva a lepší rozpadavost. K dosažení pevnosti 3 MPa stačí pouze 2% vodního skla. Pro jaderníky používáme břízu, jasan, dub či teflon.

2.6.2.3 Pojiva třetí generace

Tyto pojivové soustavy s vyznačují využíváním fyzikálních procesů k pojení.

Metody pojení

- Magnetická forma
- Vakuová forma
- Zmrazená forma
- Plná forma (spalitelný model)

Magnetická forma

Jedná se o jednu z prvních metod používání fyzikálních procesů k pojení. Spalitelný jednorázový model z tvrdých pěnových umělých hmot se pokryje žáruvzdorným ochranným nátěrem, bránícím penetraci kovu do formy. Forma je nejčastěji tvořena ocelovými broky (feromagnetický zrnitý materiál). Model představuje skutečný tvar odlitku i s dutinami, proto technologie nevyžaduje používání jader.

I když se jedná o nejstarší technologii- fyzikální proces pojení slévárenských forem- nenašla dodnes širšího uplatnění ve slévárenství.

Vakuová forma

Prodyšný model je umístěný na modelové desce, pod níž je vakuová skříň. Na model se přisaje termoplastická ohřátá folie, například z ethylenvinylacetátu a pod modelem se vytvoří vakuum. Folie překryje model i vtokovou soustavu. Ustaví se těsný formovací rám, zasype suchým křemenným pískem (ostřivem), zhustí vibrací a sám překryje opět termoplastickou folií. Odsaje se vzduch z formovacího rámu (prostor mezi dvěma foliemi) s vakuum pod modelem se změní v tlak vzduchu. Tak se oddělí model od formy. Složí se dvě poloviny formy, drží se stále pod vakuem. Po odlití a vyhoření folie se forma rozpadne (bez pojiva) a po vychlazení je písek opět použitelný.

Termoplastická folie musí být co nejtenčí z ekonomického a ekologického hlediska. Podtlak se pohybuje v rozmezí 40-50 kPa. Lící teplota kovu musí být o 20-25% proti teplotě kovu při lití do syrových forem. Plnění formy musí být až 2x rychlejší. Tuhnutí odlitků je výrazně pomalejší z důvodu převodu tepla pouze sáláním.

Výhody vakuové formy:

- Zabíhavost do vakuových forem je o 30% vyšší proti syrovým bentonitovým směsím.
- Není potřeba mísičů pro přípravu směsi
- Přesné rozměry odlitků
- Minimální požadavky na opracování
- Není třeba regenerace ostřiva
- Možnost výroby tenkostěnných odlitků pod 4mm
- Dlouhá životnost modelů
- Možnost vybíjení odlitků při vysokých teplotách
- Minimální opotřebení
- U speciálních folií odpadá použití nátěrů

Zmrazená forma

Princip spočívá ve zmrazení směsi (písek, voda, někdy minimální obsah jílu) pomocí kapalného dusíku. Led se stává pojivem forem a jader.

Druhy zmrazování :

1. Ponořováním forem a jader do kryogenní lázně
2. Sprchování
3. Vstřelováním směsi do jaderníku podchlazeného kapalným dusíkem
4. Profukováním jádra (formy) chladícím médiem

Výhody této technologie :

- Jednoduchá stavba formovací směsi, příprava i přechování.
- Vysoká pevnost forem a jader po zmrazení
- Odolnost proti erozi kovem
- Vysoká rozpadavost forem (jader) po odlití. Po průchodu nulové izotermy forma ztrácí pevnost a nabírá výbornou rozpadavost.
- Odpadá regenerace ostřiva a umožňuje využití ekonomických drahých nekřemenných ostřiv
- Forma má vysoký ochlazovací účinek. Zvýšený o 24-37%

Nedostatky :

- Zvýšené nároky nebezpečnost práce při práci s kryogenní technikou
- Dokonalost modelového zařízení
- Omezená skladovatelnost

Plná forma spalitelný model

Je vyráběn z kuliček polystyrénu stejnoměrní granulometrie s cílem dosáhnout zcela určité objemové vlastnosti. Čím je vyšší objemová hmotnost modelu, tím je povrch kompaktnější, ale odlitek má horší povrch. Expanzi kuliček a dosažení ostrých obrysů modelu je dosaženo vháněním horké páry do vyhřátého jaderníku. Ten je odsáván a v poslední fázi je model chlazený vodou. Model se pak suší smrštěním. Jednotlivé části včetně vtokové soustavy se lepí.

2.5.3 Formovací směs

Pískové formovací směsi slouží k výrobě netrvalých forem. Základní složení: ostřivo, pojivo, přísady a u směsí 1 generace voda která působí jako plastifikátor. U směsí druhé generace je složení pozměněno o pryskyřice které tvoří úlohu pojiva, než má největší vliv na plynatost formovací směsi. Mimo jiné má na plynatvornost vliv rozklad přísad či jiných směsí.

Formovací směsi jsou tvarovatelné hmoty od nichž vyžadujeme minimální plynatost, tvarovou stálost, dobrou rozpadavost a pevnost za syrova. Ideální směs musí být levná, dostatečně tekutá která po styku s formovacím zařízením vytvoří námi požadovaný tvar.

Dělení formovacích směsí:

1. Modelová

Je sypaná na model, líc formy musí být velmi kvalitní, při odlévání a tuhnutí je ve stálém kontaktu s kovem

2. Výplňová

Vyplňuje zbývající objem formy. Výroba je převážně z použitých jader, kde není vysoký požadavek kvality.

3. Jednotná

Pro výrobu líce a vyplnění zbytku formy. Převážně se jedná o bentonitové směsi pro strojní formování.

4. Jádrová

Speciálně pro výrobu jader. Směs bývá teplotně velmi namáhána, proto jsou kladeny vysoké nároky na její kvalitu, dobrou rozpadavost a delší skladovatelnost než u směsí modelových.

Dělení směsí dle obsahu vody po vysušení při 100 stupních:

1. Bezvodné směsi

Obsah vody do 0,1%. Nejedná se o směsi na bázi jílových pojiv, jako pojivo působí plastifikátor na bázi alkoholu.

2. Polosuché směsi

Obsah vody do 3%. Směsi určené pro strojní formování, kde nevyžadujeme velké plastifikační vlastnosti z důvodu použití vyšších měrných tlaků.

3. Směsi na syrovo

Obsah vody do 5%. Nejprogresivnější typ směsí jenž nevyžadují sušení

4. Směsi na přisušení

Obsah vody 6-7%. Po vysušení je nutné okamžité odlévání, z důvodu zpětného navlhnutí. Využití pouze u forem kde se suší líc formy.

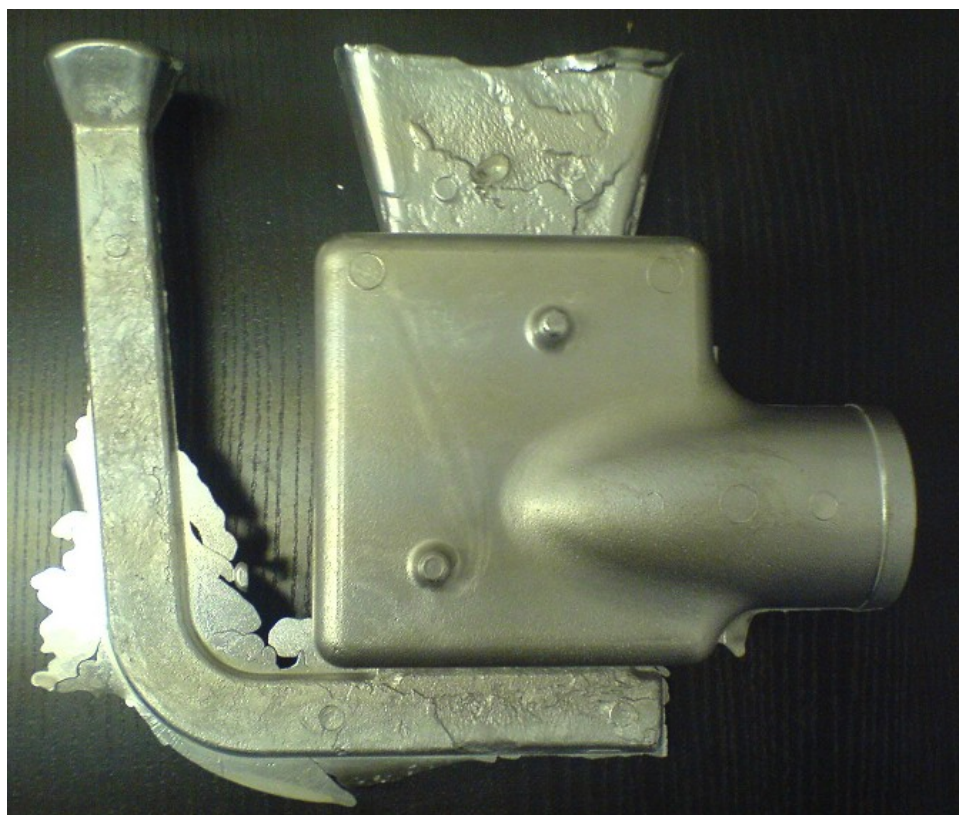
5. Směsi na sušení

Obsah vody nad 7%. Formy se suší v celém objemu.

3. Experimentální část práce

Cílem experimentální části diplomové práce je stanovení nejideálnější formovací směsi z kombinace čtyř směsí a možností použití ochranného nástřiku. Při testování bylo vyrobeno 120 kusů jader. V kombinaci 20 jader bez postřiku a 20 s postřikem, které byly následně vysušeny při 80°C po dobu 45 minut. Po odlití a následným vytlučení jader byla provedena vizuální kontrola. Po vytryskání korundem od zbytku ulpělého písku, kdy se projeví podpovrchová poróznost, následuje další vizuální kontrola. Vyrobené odlitky musí zaručit nepropustnost a proto je po vytryskání provedeno tlakování odlitku na 3 bary.

Mezi poslední zkoušky patří pevnostní zkouška směsi na speciálním přístroji polské produkce.



Obr. 3.1 Zkoumaný odlitek 1 5100 00 (interní označení) gravitačně litý do kokil

3.1 Příprava směsi

Příprava směsi probíhá ve speciálním mísiči na jádrovou směs, kde dochází k promísení daného poměru křemičitého písku a příslušného pojiva. Pro pojivo dorsil a desil, které jsou na bázi CT směsi se používá jeden druh mísiče a pro pojiva na bázi rezol-Co2 je použit menší mísič.





Obr. 3.2 Mísící zařízení

Ostřivo je použito z lokality Střeleč, kde střední zrno je 0,27 mm. Kupuje se nesusušený písek, který se vysouší ve speciální sušičce přímo v hale jaderny do úplného vysušení. Pro vysoušení se používá plynové hořáky a vysušená směs plynule přechází do horních pozic, protože je lehčí než směs nevysušená. V poslední fázi sušení separátor vytřídí jemný prachový podíl, který by zhoršoval kvalitu namíchané směsi a proto se likviduje.

3.2 Výroba jádra

Jaderník je nutné řádně ofouknout od zbytků písku a přibližně po každém třetím vyrobeném jádru je třeba jaderník jeho tvarovou část nastříkat přípravkem ECOPART 56 od firmy Aschländ Südchem. Přípravek odstraní lepení směsi na jaderník. Následně složíme jaderník s důslednou kontrolou volných částí jaderníku. Následuje důsledné napěchování směsi a vytvrzení pomocí plynu CO_2 po dobu 70 sekund. Pro ušetření plynu CO_2 se používá dávkovací zařízení.



Obr. 3.3 Dávkovací zařízení



Obr.3.4 Vlastní výroba jader

Po vytvrzení jádra rozložíme jaderník a opatrným poklepem rozebereme jaderník. Provedeme následnou kontrolu správnosti tvaru jádra, případné vadné kusy vyřadíme. Mezi poslední operace spadá očištění dělicí roviny.



Obr.3.5 Jedná polovina jaderníku pro odlitek 1 5100 00

Po vyrobení je nutné dosáhnout co nejnižší vlhkosti jader, proto následuje operace vysoušení jader.

Jádra připravená na paletě zavezeme do sušící komory a podobu 45 min vysoušíme jádra za konstantní teploty 80°C. Teplota sušení se nesmí přesáhnout z důvodu přepálení jádra a následného rozpadání směsi. Tato pec byla speciálně vyvinuta firmou Unitherm z důvodu snížení nákladů, a limitování možného zpětného navlhnutí vysušených jader při přepravě k licímu zařízení. Při vkládání do formy se teplota jádra pohybuje okolo teploty 40 °C.

3.3 Směsi

Při testování jádrových směsí byly použity následné čtyři směsi, jenž byly namíchány v procentuelním poměru dle postupu předepsaným výrobcem.

3.3.1 Carbophen 6240

Alkalicky kondenzovaná fenolová pryskyřice kterou řadíme do třídy rezolů. Je dobře rozpustný, k ostřivu se přidává jako jediná složka. Vytvrzovací reakce je vytvořena napuštěním CO₂ do jaderníku. Pryskyřice neobsahuje dusík, síru, ani fosfor. Hodnota pH se pohybuje na hranici 14. Pokud je vlhkost ostřiva pod 0,1% lze použít většinu běžně užívaných ostřiv ve slévárenství (křemenné, zirkoniové, chromitové, šamotové). Lze užít až 20% regenerátu z předchozích procesů.

Pro přípravu směsi je možné použít běžné mísiče, ale mísiče nesmí obsahovat vodní sklo. Při míchání se musí dbát bezpodmínečně na kvalitu vzniklé homogenní směsi. Pokud tato směs není vyrobena dostatečně rychle, následně dochází k pohlcování CO₂ z okolního vzduchu, čímž se sníží doba zpracovatelnosti.

Mezi zásadní nevýhody tohoto pojiva patří jeho vysoká ekologická zatížitelnost. Jedná se o látku velice ohrožující kvalitu vody. Je zakázán jakýkoli styk s podzemními vodami, či povrchových. Po ukončení výroby je nutné použítá jádra ekologicky likvidovat, čímž se carbophen řadí mezi dražší pojiva.

3.3.2 Dorsil V

Jedná se o vodní sklo sodné tekuté. Používá se pro pojení slévárenských směsí jehož pH se pohybuje okolo hodnoty tří až devíti dle obsahu kyseliny. Teplota tání je na hranici tří stupňů, patří mezi nehořlavé látky bez zápachu s neomezenou rozpustností ve vodě, hustota 1328- 1557 kg/ m³ . Kontakt s touto látkou může způsobit popáleniny kůže a očí. Nejčastěji se používá jako 40% roztok, který je silně zásaditý.

3.3.3 Desil

Základ tvoří alkalický silikát vyráběný řízeným postupem přípravy. Má dobrou skladovatelnost a prakticky neomezenou stabilitu fyzikálních vlastností. Podle velikosti a složitosti forem je CO₂ dávkováno v množství 3-5%. Počáteční pevnost v tlaku po vytvrzení CO₂ dosahuje hodnoty 1,1-1,5 a po skladování na vzduchu pevnost dále roste na 1,3-1,9 a líc jader získává hladkou sklovitou glazuru. Skladováním se zvyšuje pevnost a snižuje otěr. Na jádra lze aplikovat jak vodné, tak lihové nátěry. Rozpadavost jader je velmi dobrá.

3.3.4 Ecolotec 600

Fenolové pryskyřičné pojivo, téměř bez zápachu. Čirá tmavě červená až červenohnědá tekutina s mírným typickým zápachem fenolu neobsahující žádný dusík. Je zakázáno mísit s kyselinami nebo kyselinovými solemi, z důvodu reakce generující teplo a výpary. Využívá se jako pojivo pro výrobu jader menších rozměrů. Je speciálně vyvinut na snižování výdajů na pracovní prostor a prostředí. Nejvhodnější užití je v kombinaci s čistým nepoužitým křemenným pískem, s částečnou možností užití písku regenerovaného. Neobsahuje fosfor ani síru. Nejsou obsaženy ani peroxidy a izokyanáty. Vady odlitků způsobené přítomností těchto látek, jsou takto zcela eliminovány. Jádra vyráběná pomocí přípravku Ecolotec 6000 vykazují velmi čistý povrch odlitku. Žilkování nebo jiné vady způsobené rozpínavostí křemene jsou tak největší měrou redukovány. Vytvrzování probíhá za pomoci plynu CO_2 při dávkování v poměru 2-3% plynu na množství formovacího písku. Přesné množství pojiva je závislé na geometrii jádra a kvalitě písku. Použití CO_2 v poměru k pojivu je 25-40% a závisí na geometrii jádra. Při výrobě jader pod 10kg je možné dobu cyklu ve většině případů snížit. Vytvrzování CO_2 probíhá exotermicky. Po ukončení naplynění by povrch jádra neměl být studený. Použitý alkalický písek by neměl vykazovat žádné alkalické ani kyselé nečistoty. Také je nutné vyloučit nečistoty spojené s jinými pojivovými systémy (např. křemičitan sodný), jelikož tyto můžou způsobit značné snížení pevnosti. Nejvhodnější písky jsou doporučené s hodnotou pH v rozmezí 6,5- 7,5.

3.4 Postřik jader

Na vytvrzená jádra je použitý lihový postřik, kterým je odlitek naimpregnován a následně zapálen. Zapálením postřiku dojde k povrchové úpravě jádra, zpevnění, k mírnému zvětšení základních rozměrů a také k povrchovému vysušení jader.

Existují i vodou ředitelné postřiky, které se musí vysoušet, ale jedná se o nákladný proces který je časově nákladný a nevýhodný pro sériovou výrobu. Ale je ekologičtější než lihové postřiky, kdy dochází k vypalování lihu. Při vypalování lihu je nutné z ekologického hlediska hlídat vznik nebezpečných látek VOC, které jsou měřeny inspekcí ČIŽP.

3.5 Výrobní postup zkoumaného odlitku

Zkoumaný odlitek 1 5100 00 je odléván gravitačním litím do kokilu na lícím stroji CGU 04.34.01. Materiálem odlitku je eutektická slitina AlSi12 (DIN 230).

3.5.1 Příprava taveniny

Slitina je roztavena v plynových kelímkových pecích výrobce Morgan na teplotu 770°C. Posléze je dopravena pomocí převážecího kelímku do udržovací pece, kde je slitina dále upravena. Při přelití do udržovací pece je nutné použít rafinační sůl (Aرسال od výrobce Schäffer) z důvodů odstranění nežádoucích oxidů vzniklých při přelévání. Plná udržovací pec má zhruba objem 200kg taveniny. Teplota lití slitiny AlSi12 je pro zkoumaný odlitek 750°C.

Rafinovaná slitina je následně modifikována tabletami SIMODAL 97 (výrobce Foseco) v přesných časových intervalech. Pro první modifikaci je použito 2,5 modifikační tablety, kdy obsah sodíku se zvýší na 110ppm. Modifikační účinek sodíku je ukončen během jedné hodiny a proto je nutné v průběhu lití znovu modifikovat slitinu.

- 1.hod- modifikace- 1 modifikační tablety SIMODAL 97
- 2.hod- modifikace- 0,5 modifikační tablety SIMODAL 97

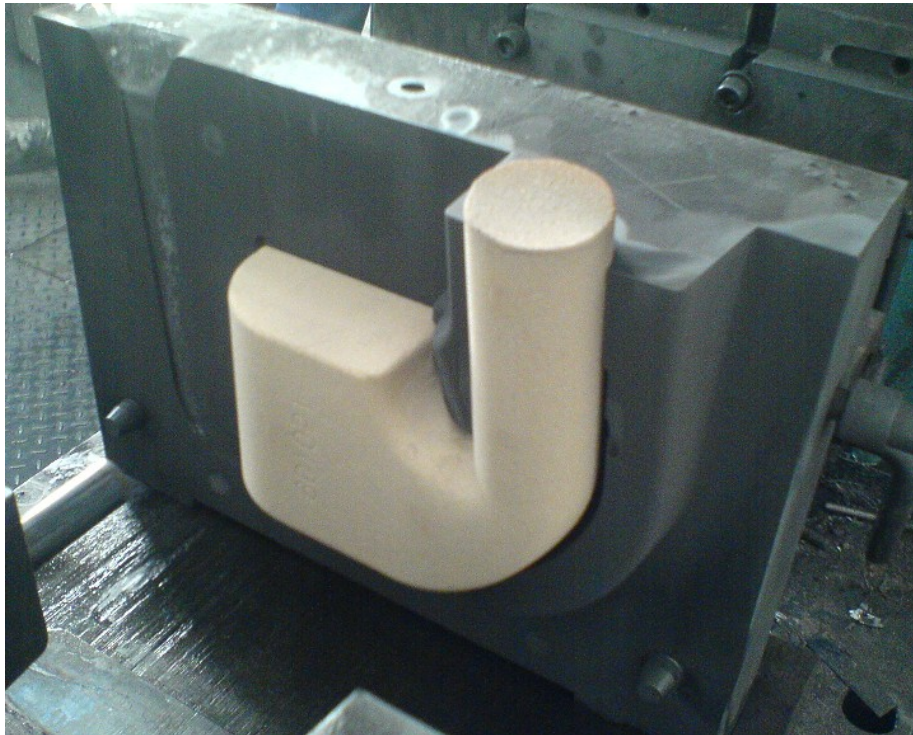
3.5.2 Pracovní postup lití

Licí zařízení musí být řádně vyčištěno od ulpělého starého postřiku formy a následně nahřáno plynovým hořákem. Teplota formy musí být min na hodnotě 300-350°C, pokud je teplota nižší je nutné kokilu znovu nahřát hořákem zpět na 350°C.

Forma na předepsané teplotě je následně nastříkána postřikem, který je namíchán z přísad bílého mastku, Aquanetu, vodního skla, křemeliny (pro zdrsnění povrchu a možnosti odvodu většího množství plynu) a vody.

Do připravené formy je založeno jádro. Po založení jádra do formy je nutné stlačeným vzduchem odstranit napadaný písek. Po zavření formy se odlévá slitina do vtokového kanálu. Po ztuhnutí odlitku 1'10'' - 1'30'' se forma rozevře a odlitek je vyjmut z formy.

Každý desátý odlitek je nutné na místě vytlouci a zkontrolovat poróznost uvnitř odlitku, kontrola je pouze vizuální kterou provádí tavič. V případě výskytu poróznosti je nutné slitinu znovu nemodifikovat.



Obr.3.6 Odlévání zkoumaného odlitku na licím stroji CGU 04.34.01

3.5.3 Vytloukání jader z odlitku

Vytloukání jader probíhá ručně pomocí pneumatického sbíjecího kladiva. Každý odlitek musí vychladnout , ideální je vystárnutí do druhého dne, kdy nedochází k poničení a tvarovému narušení odlitku. Nyní je provedena vizuální kontrola na poróznost odlitku.

3.5.4 Ořezání vtokové soustavy a broušení odlitku a tryskání

Ořezání provádíme na pásové pile, Při ořezu vtokové soustavy a nálitku je nutné dbát důrazně na přesnost z důvodu možnosti zaříznutí do tvaru odlitku. Při manipulaci nesmí dojít k mechanickému poškození odlitku. Následným broušením jemně odstraníme stopy po vtokové soustavě a nálitku. Dodržujeme předepsaný rozměr s přesností $124 \pm 0,2$ mm. Broušením je možné odstranit drobné zatekliny do dělicí roviny nad 1mm. Konečná etapa broušení probíhá na bruskách s nekonečným brusným pásem.

Tryskání odlitku se provádí korundovou drtí v ručním tryskači pro odstranění písku z jádra.



Obr.3.7 Tryskací zařízení

3.5.5 Tlakování odlitku

Provedeno na tlakovacím stroji č. 5100 na hodnotu 3bary. Otryskaný odlitek nasadíme na tlakovací přístroj, dobře utěsníme otvory gumovými zátkami a ponoříme do vody. Po natlakování na 3bary kontrolujeme těsnost odlitku, poróznost. Vadně kusy jsou vyřazeny do speciálních palet na zpětné roztavení neboli vratný materiál. Při tlakování byly naměřeny následující hodnoty uvedené v tabulce.

Tlakování bylo využito jako první zkouška kvality odlitku, z níž vyplívá následující tabulka zmetkovitosti. Při této zkoušce bylo prokázána velikost poróznosti odlitky, kdy při dosažení vyšší hodnoty dochází k uvolňování plynu stěnou hotového opracovaného odlitku. Takovýto odlitek je označen jako nevyhovující a je vyřazen. Při tlakování 120 kusů odlitků bylo dosaženo následujících výsledků.

3.5.6 Praní odlitků

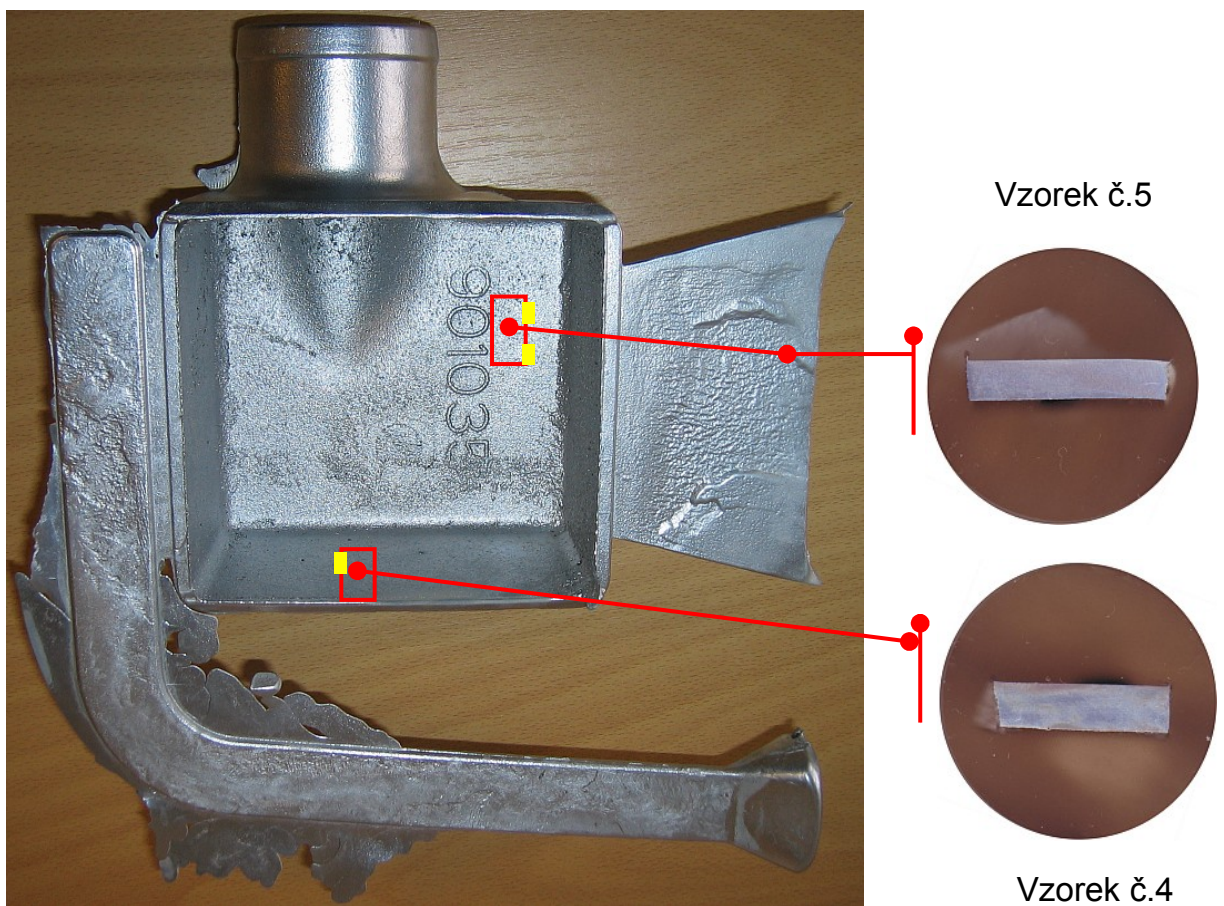
Poslední technologická operace, jenž odlitek absolvuje je praní. Technologie je prováděna v koších, kde jsou uloženy po šestnácti kusech mezi kterými jsou vkládána gumová síťka bránící potlučení odlitků. Po uzavření koše následuje 3 minutové praní ve speciální odmašťovací lázni Jets Deep starter a aktivator. Následuje ofoukání od přebytečné vody a připravení k expedici. Je nutné dodržovat čistotu. Technologii praní používáme u těchto odlitků ke kvalitnímu odmaštění z důvodu další technologické operace svařování, která je prováděna u zákazníka.

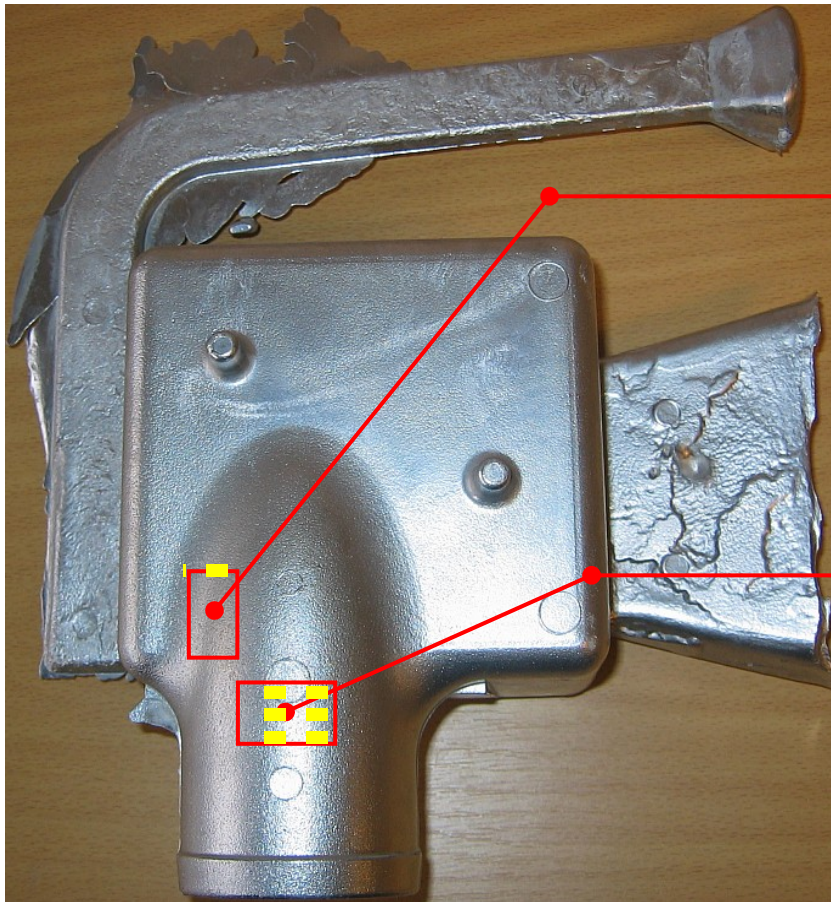


Obr.3.8 Zařízení pro praní odlitků

3.6 Zjišťování vad v odlitku

Při výrobě odlitku se vyskytovala vysoká zmetkovitost. Vadou odlitku byl vznik dutin, které nebyly blíže specifikovány. Pro popsání vady bylo provedeno rozřezání odlitku a následně pozorování vad pod mikroskopem

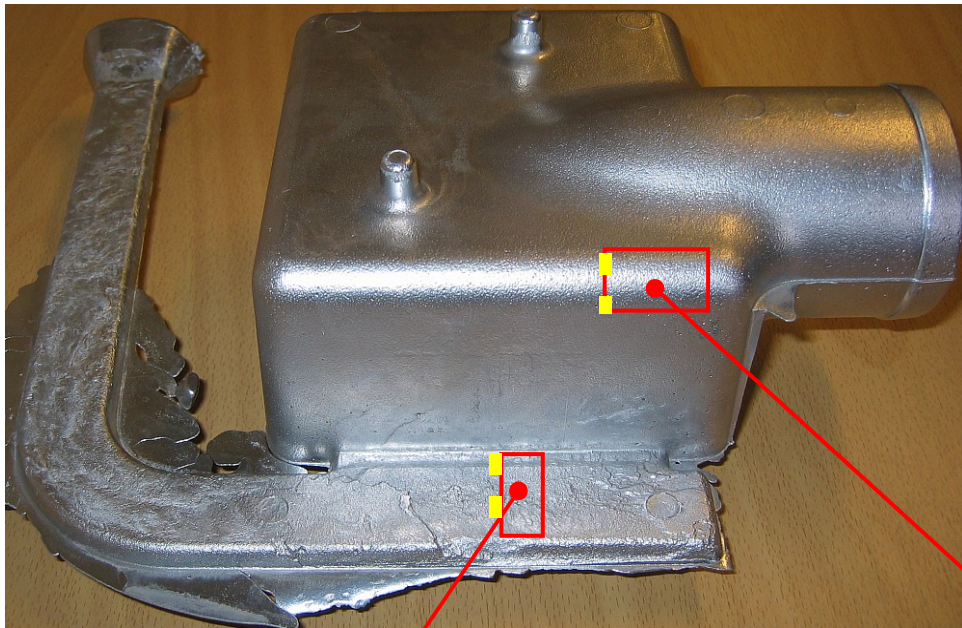




Vzorek č.6



Vzorek č.3



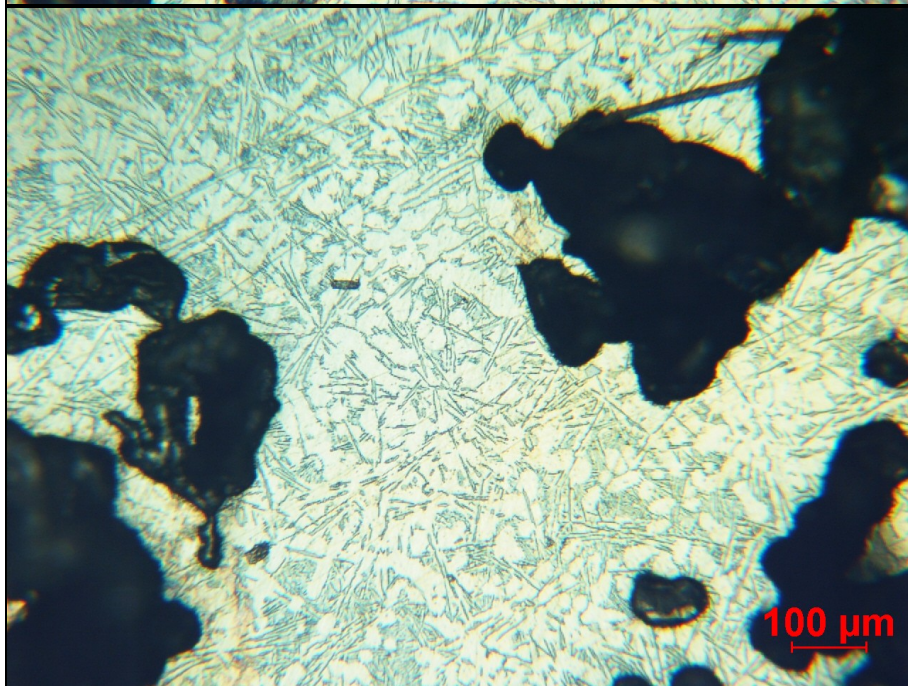
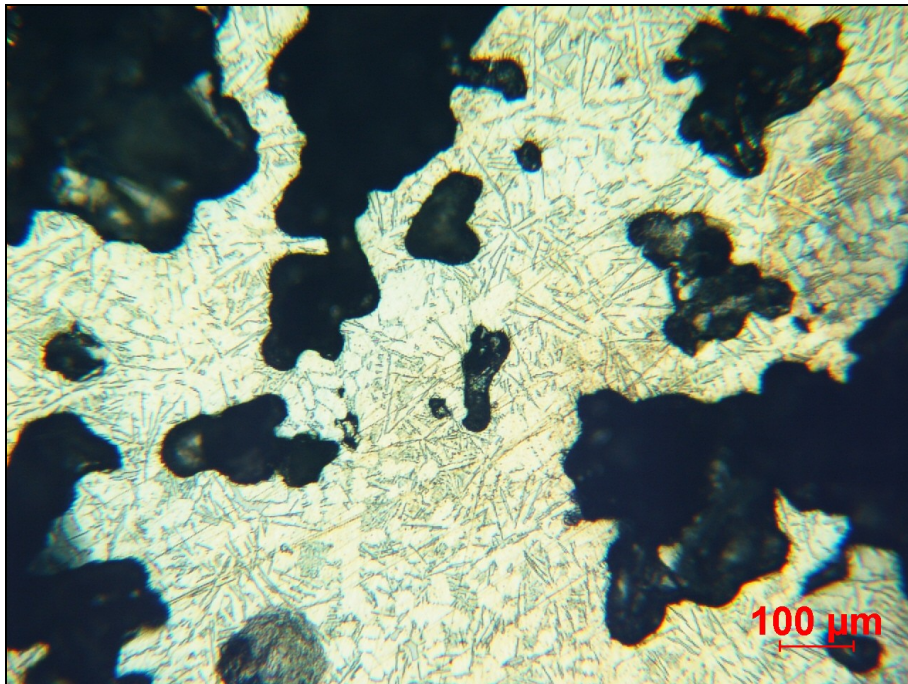
Vzorek č.1



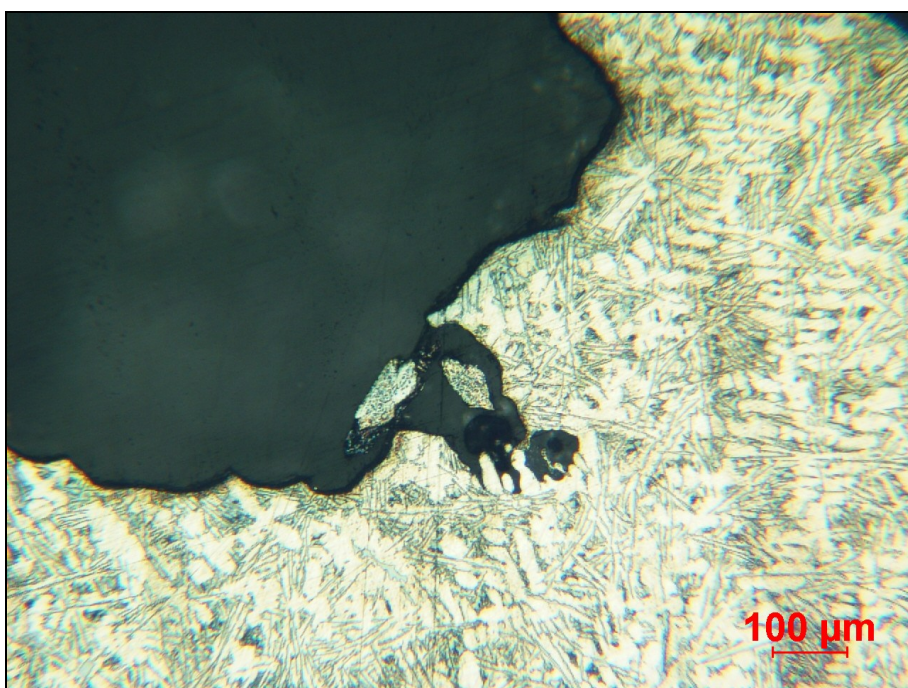
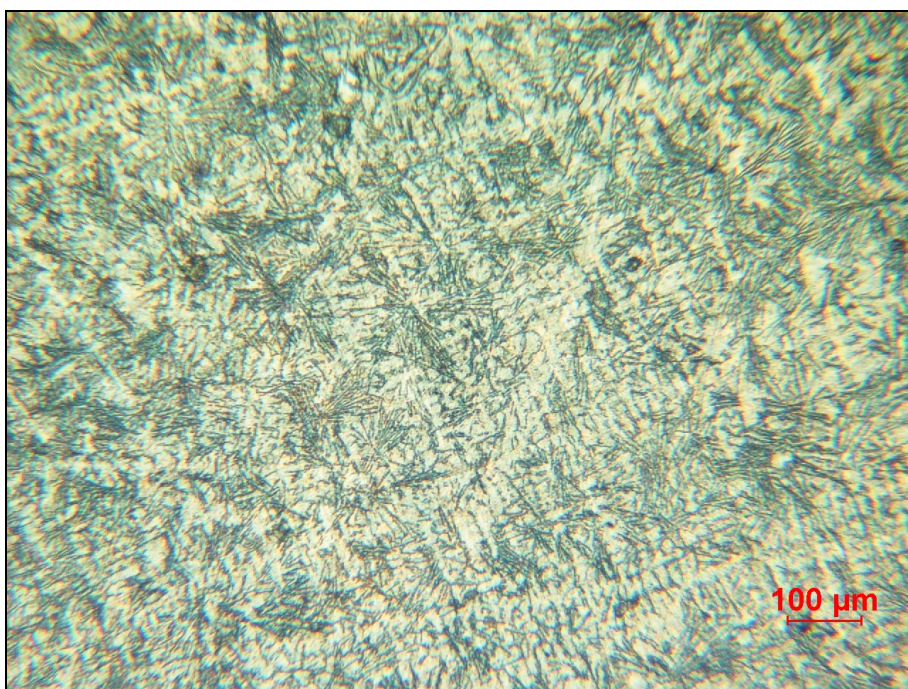
Vzorek č.2



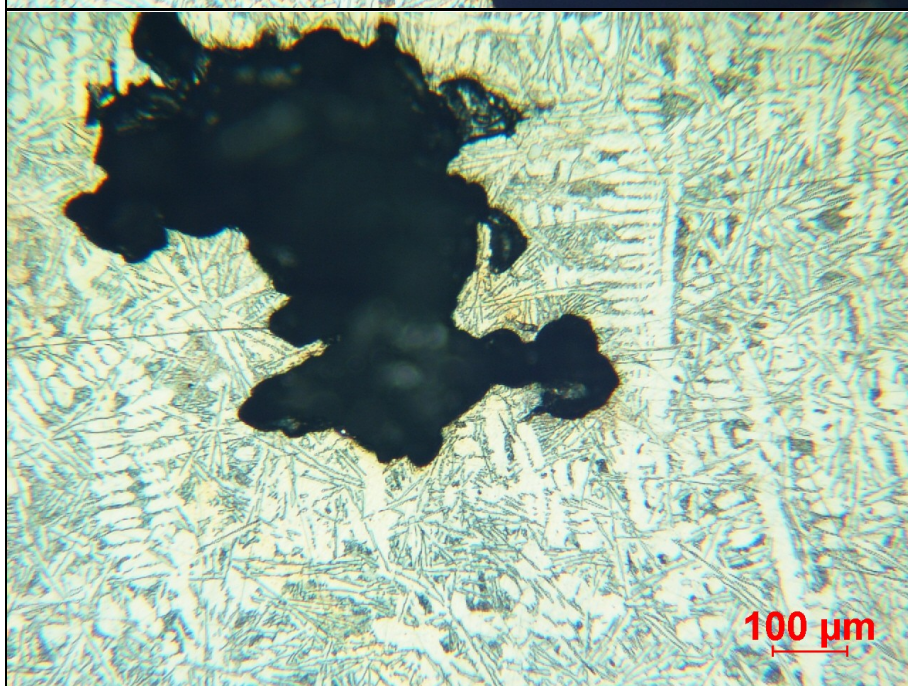
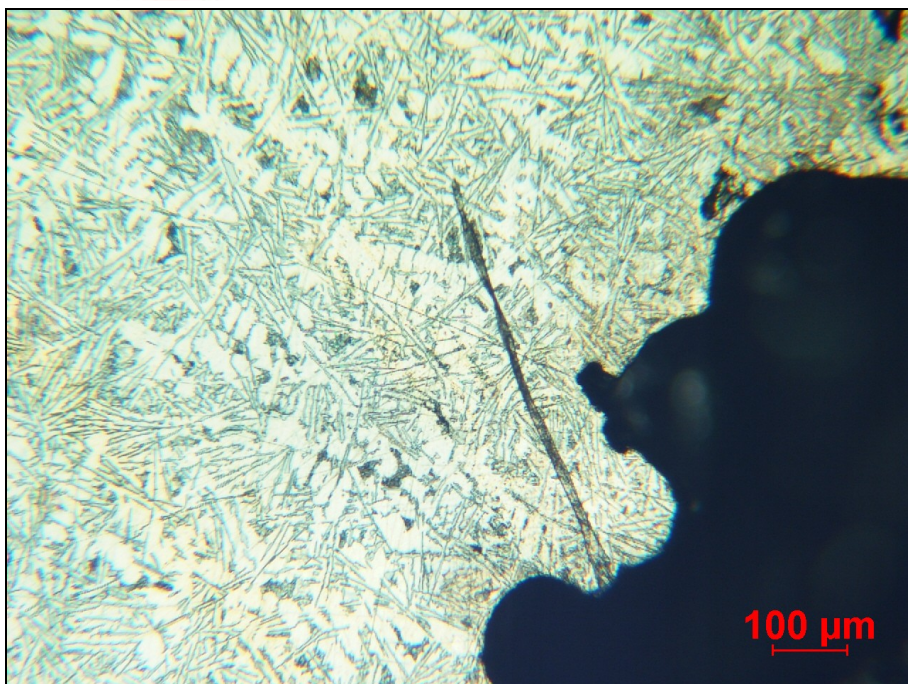
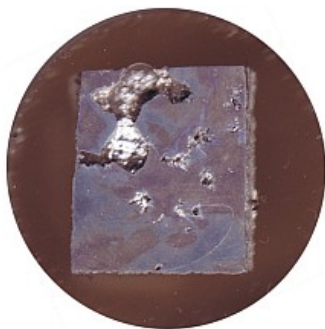
Vzorek č.1



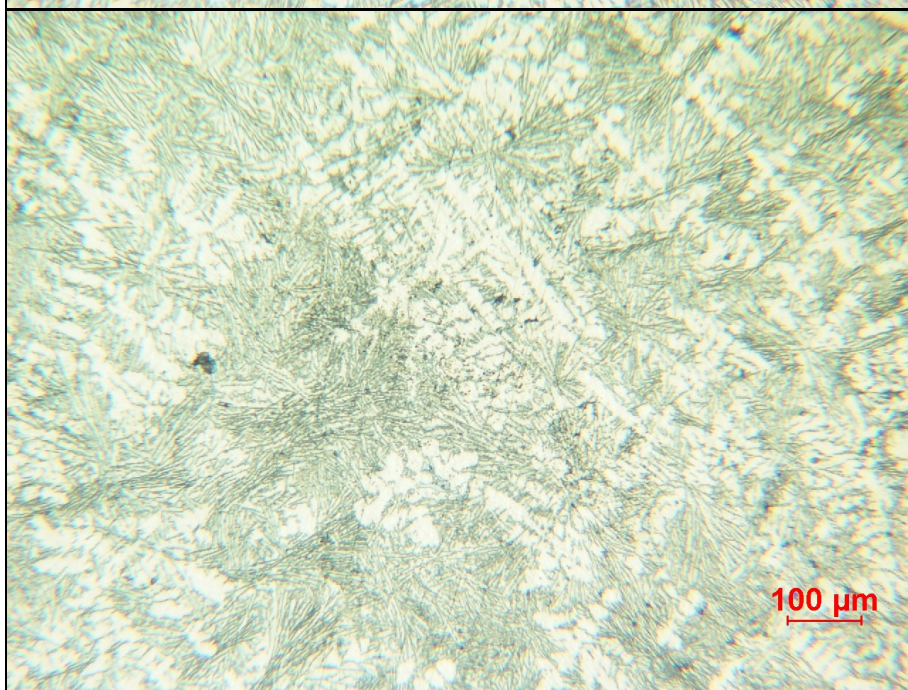
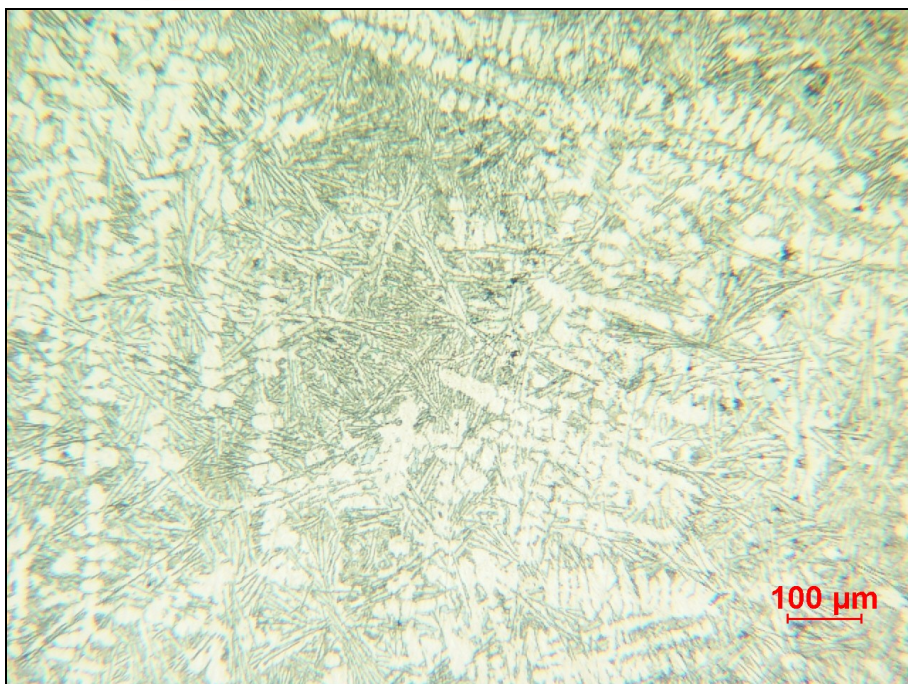
Vzorek č.2



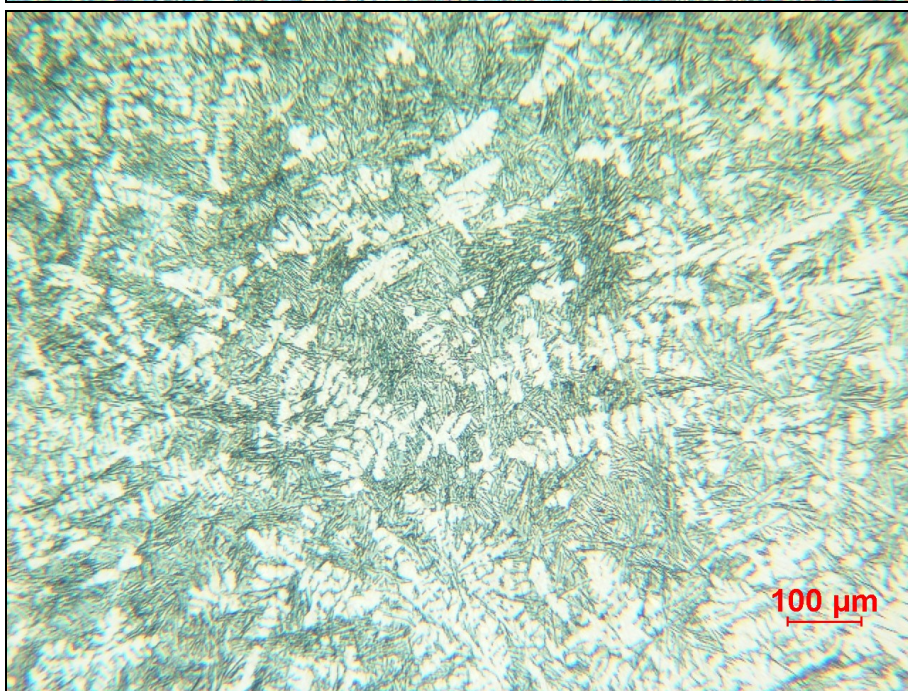
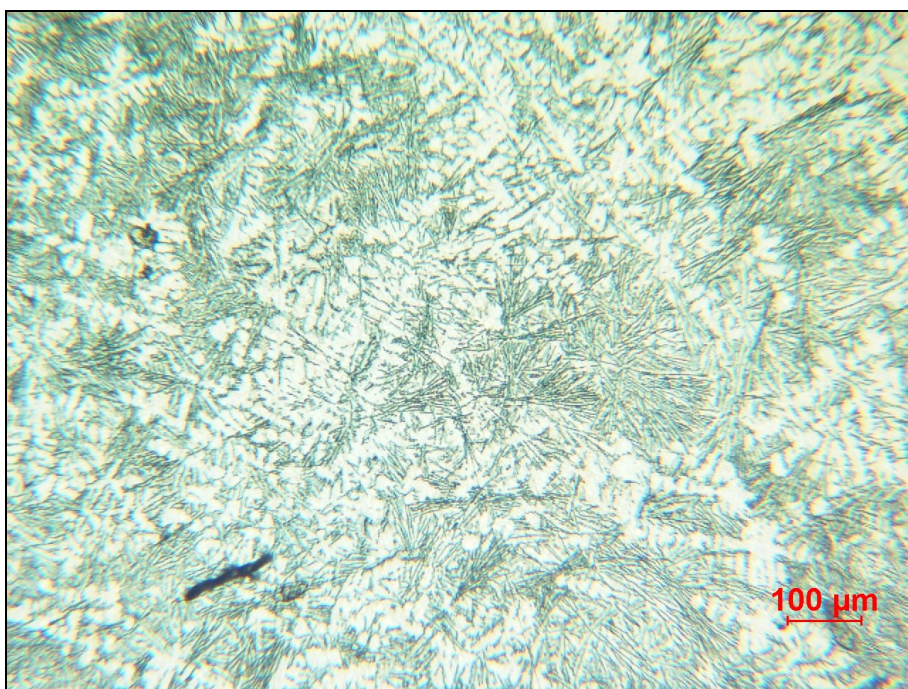
Vzorek č.3



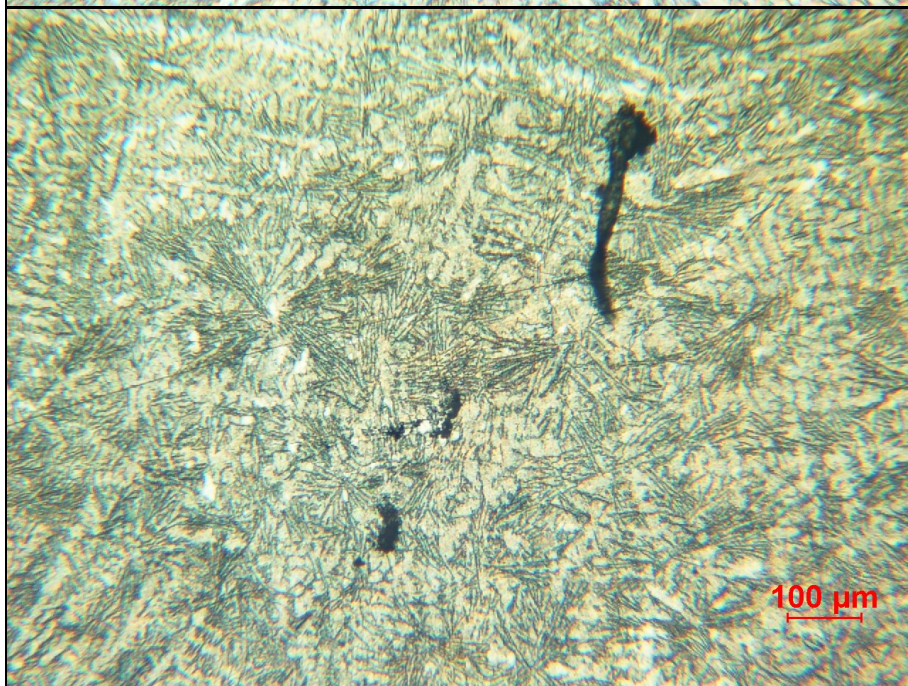
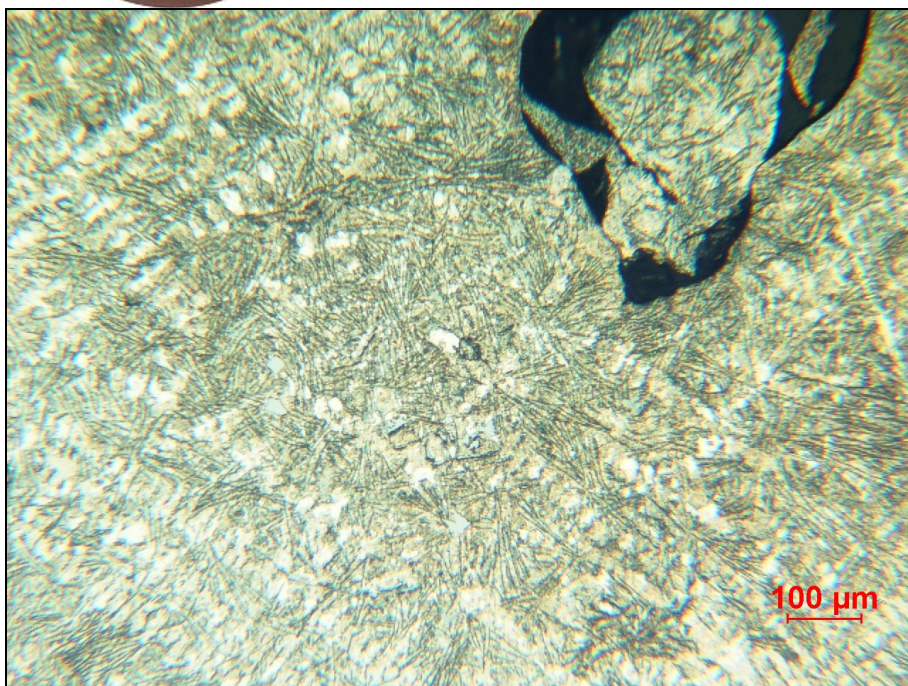
Vzorek č.4



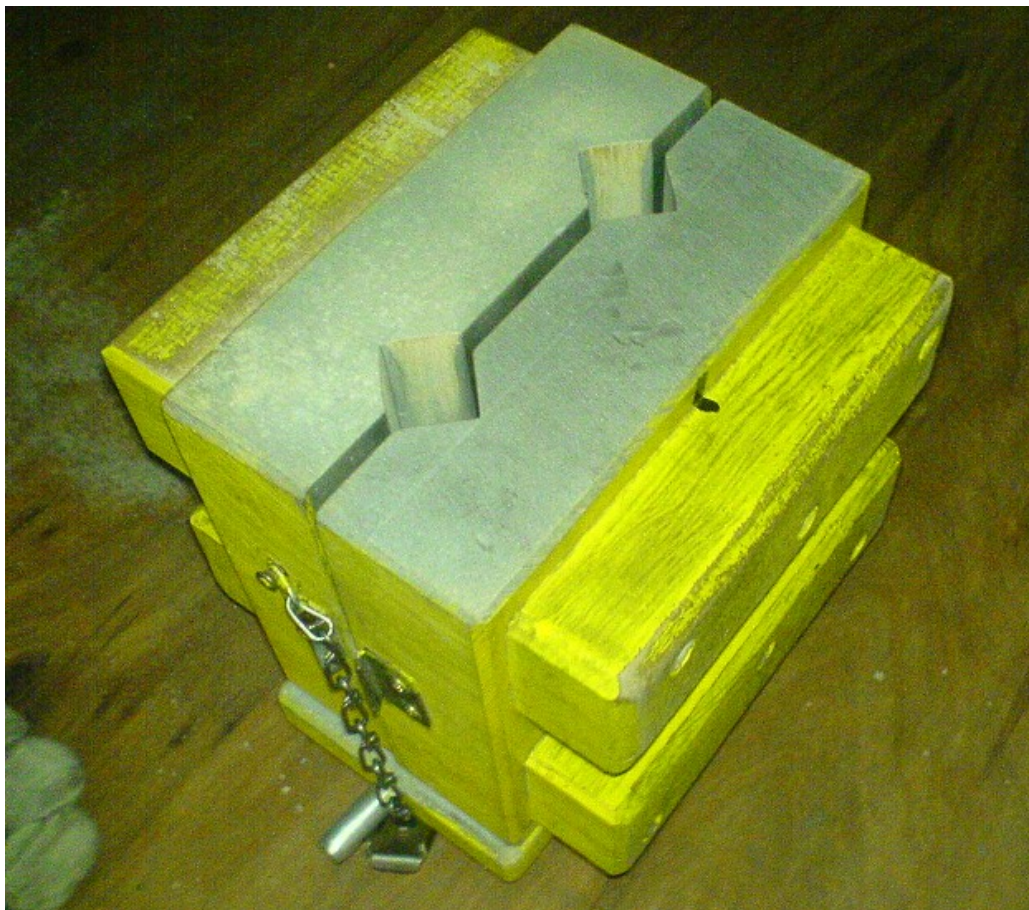
Vzorek č.5



Vzorek č.6

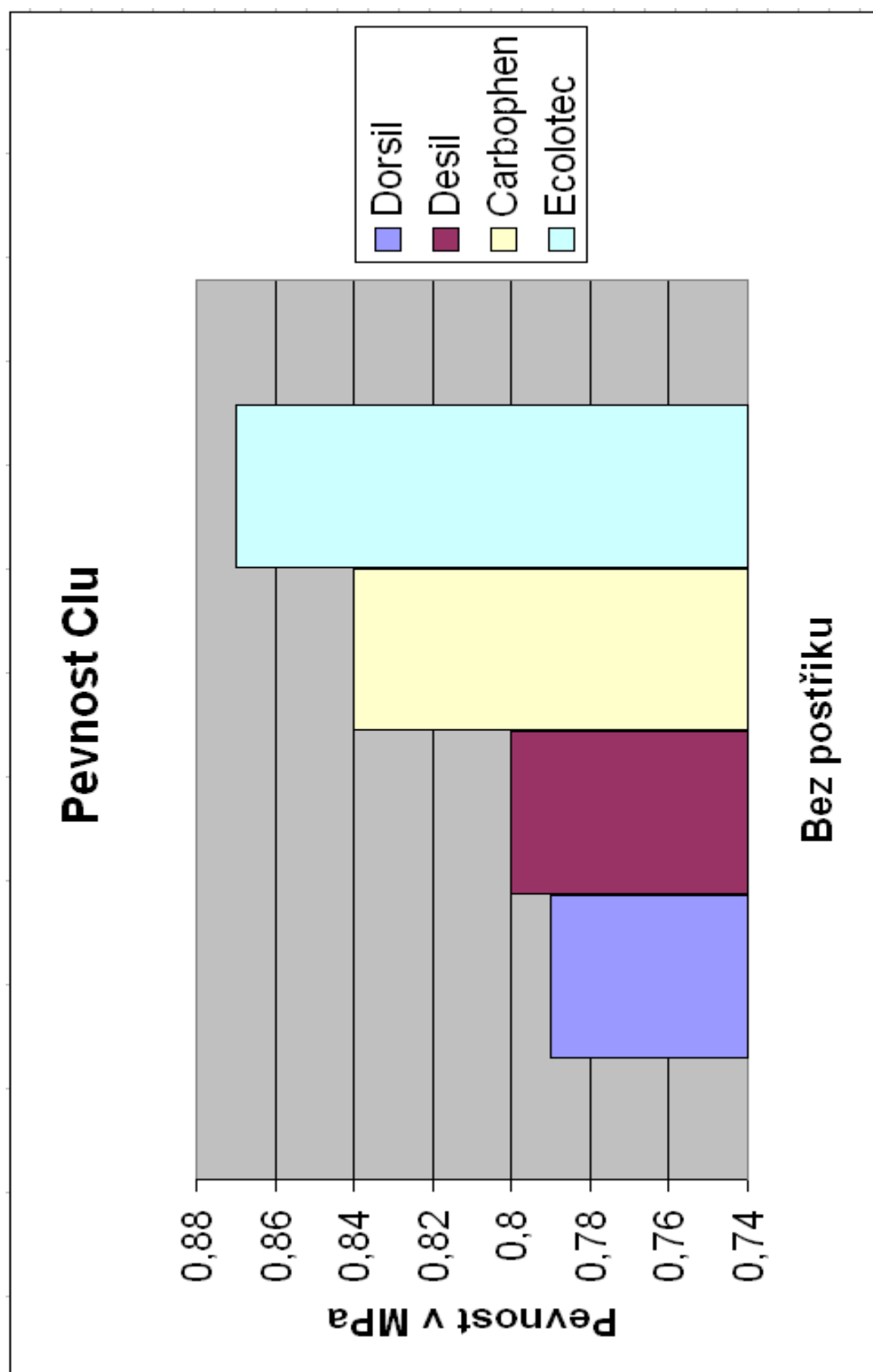


3.7 Zkoušky pevnosti směsi

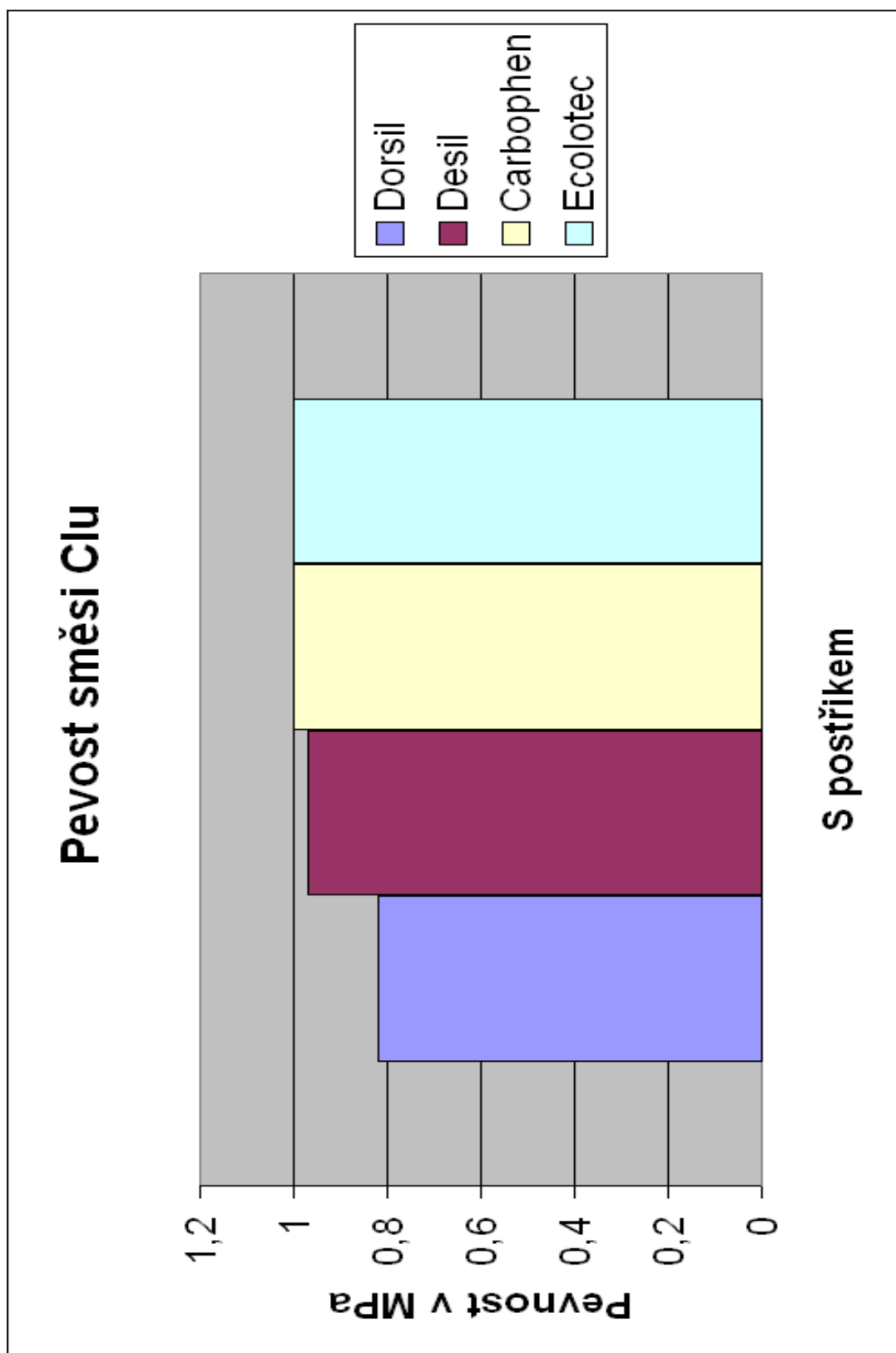


Obr.3.9 Jaderník pro zkušební tělíška

Zkouška pevnosti byla provedena na zkušebních tyčkách o rozměrech 22,5 x 22,5 mm na speciální měřicím přístroji polské výroby pro měření L_{Ru}. Na měření bylo vyrobeno celkem 16 zkušebních tyček. První polovina je klasicky upěchována profouknuta CO₂ a připravena na zkoušku. Druhá polovina byla ponechána jeden den k vystárnutí, kdy mělo měření poukázat na možné zlepšení, či zhoršení pevnosti směsi.



3.7.1 Tabulka pevnosti zkušebních tyček bez postřiku



3.7.1 Tabulka pevnosti zkušebních tyček s postřikem

3.8 Zjištění optimální směsi pro výrobu jader

3.8.1. Rychlost a kvalita vytloukání jader

Pro výrobu tohoto typu odlitku je výhodné v co nejkratší době a dobré kvalitě odstranit

pískové jádro z odlitku. Bylo proměřeno celkem 120 odlitků s různým druhem použití pojiva

a s nástřikem jader či bez nástřiku.

	bez postřiku	s postřikem
dorsil	2	1
desil	2	1
carbophen	4	3
ekolotek	3	2

Určující hodnoty od 1 do 5ti kdy hodnota 5 značí největší obtížnost rozbití jádra hotového odlitku.

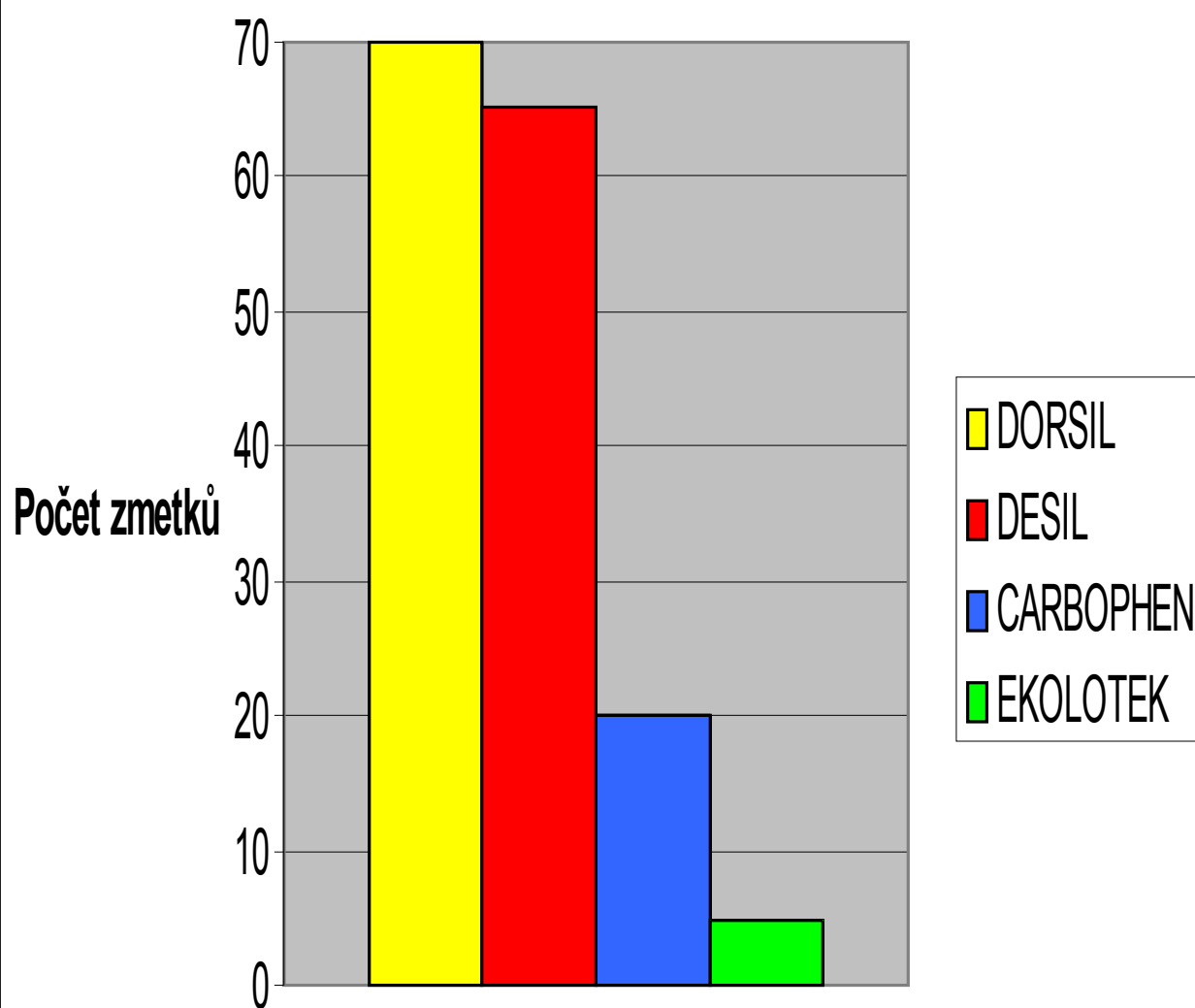
3.8.2. Vznik porózy v odlitku v závislosti na druhu použité jádrové směsi

Výsledkem zkoušky byl celkový počet zmetků po vizuální zkoušce a po zkoušce tlakování ku počtem vyrobených jader z určité směsi. Bylo zjištěno, že postřik jader nemá vliv na vznik porózy v odlitku. Postřik jader je nevýhodný z důvodu nalepování postřiku na tvarové části formy a tím zvýšení počtu pískových zadrobenin v odlitku.

Při zjištění vad pod mikroskopem bylo zjištěno, že se jedná o vadu vzniklou vývinem plynu z pískových jader. Nejedná se tak o vadu zadrobenin z erozního vymílání jádra u vtoku odlitku.

Zjištěná poróza v odlitku je znázorněna v následující tabulce, kde je patrné, že jemně výhodnou směsí pro výrobu jader pro kokilové odlévání je směs Dorsil. Nejlépe výhodnou směsí s dobrými vlastnostmi při vytloukání je směs Ecolotec.

Zmetkovitost



4. Závěr

Diplomová práce řeší aktuální problém využití ideální jádrové směsi při odlévání odlitků ze slitiny AlSi12 gravitačním litím.

Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. část teoretická popisuje základní rozdělení a vlastnosti hliníkových slitin, jejich využití ve slévárenském průmyslu. Následuje popis tvorby plynu ve slitinách hliníku a způsoby odstraňování.

Experimentální část je zaměřena na využití správné jádrové směsi a tím následné snížení zmetkovitosti a nákladů na ekologickou likvidaci ve firmě Unitherm s.r.o v Jablonci nad Nisou.

Získané poznatky a výsledky práce jsou popsány v následujících bodech.

1. Při výrobě odlitků gravitačním litím je důležité dodržovat přesný technologický postup, z důvodu minimální zmetkovitosti. Kvalitně prohřát formu na předepsanou teplotu a v průběhu lití kontrolovat zda nedošlo k poklesu. Případně formu opět prohřát hořákem na žádnou teplotu.
2. V průběhu lití je třeba udržovat taveninu řádně namodifikovanou pomocí tablet SIMODAL 97 v předepsaném časovém intervalu, jenž zaručí ideální podmínky pro zabíhání taveniny a výsledný optimální tvar povrchu odlitku.
3. Vyrobená jádra je nutné vysoušet přímo ve výrobní hale, čímž zabráníme zpětnému navlhnutí jader, které se později u odlitků projevovalo zvýšenou porovitostí odlitků v kritických místech. K vysoušení je použito nové zařízení firmy Unitherm snižující náklady na vysoušení, využíváním tepelné energie tavící pece.
4. Organické pojivo Ecolotec 600 požitá na výrobu jader je z ekologického i ekonomického hlediska nejvýhodnější. Tímto je ve výrobě naprosto nahrazena nevyhovující směs pojená Carbophermem 6420, který svou vysokou neekologickou složkou zvyšoval náklady na odlitky. Dalším důvodem k využívání nového pojiva je snadnější vytloukání použitých jader z odlitku.
5. Ekonomické zhodnocení a úspory změnou pojiva jsou ukázána na výsledcích ekonomické bilance.

Ekonomická bilance

Cena

Ecolotec	15,7/kg	dávkování 2%
Carbophern	78,8/kg	dávkování 2,5%

Spotřeba 4000 ks při hmotnosti jádra 1,4kg je 5600kg. Tj 112 kg Ecolotecu.

Spotřeba 4000ks při hmotnosti jádra 1,4kg je 5600kg. Tj. 140kg Carbophermu.

Spotřeba v Kč.

Ecolotec $112 \times 15,7 = 1758,4$ Kč/rok

Carbophern $140 \times 78,8 = 11038$ Kč/rok

Ušetření na směsi je 9273,6 Kč /rok

Další úspora je z hlediska času vytloukání. V současné době je délka vytloukání odlitků cca o 30 delší, neboť se spotřebuje na namáhavé vytloukání jader z CT směsi. Zkrácení času při vytloukání o 30 s vede k úspoře 5Kč na kus, celková úspora za rok bude činit **20 000,- Kč**

Ecolotec není nutné likvidovat jako nebezpečnou látku.

Carbophern je nutné likvidovat. Likvidace carbophermu stojí 9 000,- Kč na tunu. Lze předpokládat úsporu za rok **50 000 ,- Kč**

Celková úspora za rok by mohla činit 79 275,- Kč.

Je nutné prověřit při větší sérii výroby.

5. Seznam použité literatury

- [1] Grígerová, T., Kořený, L., Lukáč, I.: Zlievarstvo neželezných kovov.
ALFA, Bratislava 1988.
- [2] Firemní podklady slévárny Unitherm s.r.o.
- [3] F. Píšek, A. Plešinger, Slévárenství I
- [4] Pluhař, Korita, Strojírenské materiály
- [5] Píšek, F., Jeníček, L., Ryš, P. a kolektiv: Nauka o materiálu I - IV, Academica,
Praha, 1975
- [6] Roučka, J.: Metalurgie neželezných kovů,. [Skripta] FSI, VUT Brno, 2003.
- [7] Vetiška, A.: Teoretické základy slévárenské technologie,. [Skripta] , Praha, 1974.
- [8] Macášek, I.: Slévárenská technologie I,. [Skripta] , CVUT Praha, 1981.
- [9] Jelínek, P.: Slévárenské formovací směsi III,. [Skripta] , VŠB Ostrava, 1984.

PŘÍLOHA

Příloha č. 1 Carbophen

03/06 2005 10:23 FAX +420412547709

Hüttenes Albertus CZ DC_

001,

Carbophen 6240		Strana 1 / 5			
Bezpečnostní list					
dle zákona č. 356/2003 Sb. o chem. látkách a chem. přípravcích a vyhlášky č. 231/2004 Sb.					
Datum vydání: 26.8.2002		Datum revize: 2.6.2005			
Název přípravku:		Carbophen 6240 0890120			
1. Identifikace látky nebo přípravku a výrobce nebo dovozce					
1.1 Identifikace látky/přípravku:					
Alkalický roztok fenolových pryskyřic.					
Číslo CAS:					
Číslo ES (EINECS):					
Další názvy látky:					
1.2 Použití: Pojivo ve slévarenství					
1.3 Identifikace výrobce:					
HÜTTENES-ALBERTUS					
Chemische Werke GmbH					
Wiesenstraße 23					
D- 40459 DUSSELDORF					
Tel.: +49 211/ 50870					
Fax: +49 211/ 500561					
Identifikace distributora:					
Obchodní jméno: HÜTTENES-ALBERTUS CZ, s.r.o.					
Sídlo: Tovární 63, 407 11 Děčín 32, Česká republika					
Identifikační číslo: 255 72 806					
Telefon: +420 412 547 465					
Fax: +420 412 547 709					
E-mail: office@huettenes-albertus.cz					
Telefonní číslo pro mimořádné situace: +420 412 547 461					
Toxikologické informační středisko:					
Telefon (24 hodin/den): +420 224 919 293, 224 915 402, 224 914 575					
2. Informace o složení látky nebo přípravku					
Výrobek obsahuje tyto nebezpečné látky:					
Název složky	CAS	ES	Indexové číslo	Obsah (hmotn.%)	Klasifikace R-věty S-věty
Hydroxid draselný	1310-68-3	215-181-3	019-002-00-8	14-18	C R 22-35 S (1/2)-26-36/37/39-45
2-(2-butoxyethoxy)-ethanol butylglykol	112-34-5	203-961-6	603-096-00-8	5,0-6,0	Xi R 36 S (2)-24-26
2-fenoxyethan-1-ol fenylglykol	122-99-6	204-589-79	603-098-00-9	pod 3	Xn R 22-36 S (2)-26
Fenol	108-95-2	203-632-7	604-001-00-2	pod 0,3	T R24/25-24 S(1/2)-23-45

Carbophen 6240

Strana 1 / 5

Bezpečnostní list

dle zákona č. 356/2003 Sb. o chem. látkách a chem. přípravcích a vyhlášky č. 231/2004 Sb.

Datum vydání: 26.8.2002

Datum revize: 2.6.2005

Název přípravku:

Carbophen 6240

0890120

1. Identifikace látky nebo přípravku a výrobce nebo dovozce**1.1 Identifikace látky/přípravku:**

Alkalický roztok fenolových pryskyřic.

Číslo CAS:

Číslo ES (EINECS):

Další názvy látky:

1.2 Použití: Pojivo ve slévarenství**1.3 Identifikace výrobce:**

HÜTTENES-ALBERTUS

Chemische Werke GmbH

Wiesenstraße 23

D- 40459 DUSSELDORF

Tel.: +49 211/ 50870

Fax: +49 211/ 500561

Identifikace distributora:

Obchodní jméno: HÜTTENES-ALBERTUS CZ, s.r.o.

Sídlo: Tovární 63, 407 11 Džbán 32, Česká republika

Identifikační číslo: 255 72 806

Telefon: +420 412 547 465

Fax: +420 412 547 709

E-mail: office@huettenes-albertus.cz

Telefonní číslo pro mimořádné situace: +420 412 547 461

Toxikologické informační středisko:

Telefon (24 hodin/den): +420 224 919 293, 224 915 402, 224 914 575

2. Informace o složení látky nebo přípravku

Výrobek obsahuje tyto nebezpečné látky:

Název složky	CAS	ES	Indexové číslo	Obsah (hmotn.%)	Klasifikace R-věty S-věty
Hydroxid draselný	1310-68-3	215-181-3	019-002-00-8	14-18	C R 22-35 S (1/2)-26-36/37/39-45
2-(2-butoxyethoxy)-ethanol butylglykol	112-34-5	203-961-8	603-096-00-8	5,0-6,0	Xi R 36 S (2)-24-26
2-fenoxyethan-1-ol fenylglykol	122-99-6	204-589-79	603-098-00-9	pod 3	Xn R 22-36 S (2)-26
Fenol	108-95-2	203-632-7	604-001-00-2	pod 0,3	T R 24/25-24 S (1/2)-23-45

Carbophen 6240

Strana 3 / 6

Použít neutralizační prostředky.

6.4 Další údaje

Informace o osobním ochranném vybavení viz kapitola 8. Informace o likvidaci viz kapitola 13.

7. Pokyny pro zacházení a skladování**7.1. Pokyny pro zacházení:**

Zajistit dobré odvětrávání/ odsávání na pracovišti

7.2. Pokyny pro zabránění požáru nebo výbuchu:

Žádná opatření nejsou požadována.

7.3. Pokyny pro skladování:

Používat pouze obaly speciálně určené pro přepravu.

Zajistit pevnou odolnou proti louhům.

Neskladovat společně s kyselinami.

Ověřit možnost společného skladování s ostatními skladovacími třídami

7.4. Další pokyny pro skladovací podmínky:

Uchovávejte obal těsně uzavřený

Skladovací třída:

Třída dle VCI konceptu: LGK 8

VbF-třída: odpadá

8. Omezení expozice a ochrana osob**8.1 Expoziční limity:**

Č.CAS	Chemický název	PEL-P	NPK-P	Jednotka
106-95-2	Fenol	7,5	16	mg/m3
112-34-5	2-(2-butoxyethoxy)-ethanol	100	200	mg/m3
122-99-8	2-fenoxyethan-1-ol	0	MAK 110	mg/m3
		0	0	

PEL-P... přípustný expoziční limit

NPK-P... nejvyšší přípustná koncentrace

8.2 Omezení expozice:**Osobní ochranné prostředky:****Ochrana dýchacích cest:**

Při dostatečném větrání pracoviště není požadována.

Doporučený filtr pro krátkodobou expozici:**Ochrana očí:** Těsné ochranné brýle**Ochrana rukou:** Rukavice ze syntetické gumy**Tělesná ochrana:** Ochranný pracovní oděv odolný vůči louhům**Všeobecná ochranná a hygienická opatření:**

Uchovávat odděleně od potravin, nápojů a krmiv.

Spínavé či potřísněné oděvy okamžitě vysvléci.

Před přestávkami a koncem pracovní doby pečlivě umýt ruce.

Zabránit styku s pokožkou a očima.

Carbophen 6240

Strana 3 / 6

Použít neutralizační prostředky.

6.4 Další údaje

Informace o osobním ochranném vybavení viz kapitola 8. Informace o likvidaci viz kapitola 13.

7. Pokyny pro zacházení a skladování**7.1. Pokyny pro zacházení:**

Zajistit dobré odvětrávání/ odsávání na pracovišti.

7.2. Pokyny pro zabránění požáru nebo výbuchu:

Žádná opatření nejsou požadována.

7.3. Pokyny pro skladování:

Používat pouze obaly speciálně určené pro přepravku.

Zajistit pevnou odolnou proti louhům.

Neskladovat společně s kyselinami.

Ověřit možnost společného skladování s ostatními skladovacími třídami

7.4. Další pokyny pro skladovací podmínky:

Uchovávejte obal těsně uzavřený

Skladovací třída:

Třída dle VCI konceptu: LGK 8

VbF-třída: odpadá

8. Omezení expozice a ochrana osob**8.1 Expoziční limity:**

Č.CAS	Chemický název	PEL-P	NPK-P	Jednotka
106-95-2	Fenol	7,5	16	mg/m3
112-34-5	2-(2-butoxyethoxy)-ethanol	100	200	mg/m3
122-99-8	2-fenoxyethan-1-ol	0	MAK 110	mg/m3
		0	0	

PEL-P... přípustný expoziční limit

NPK-P... nejvyšší přípustná koncentrace

8.2 Omezení expozice:**Osobní ochranné prostředky:****Ochrana dýchacích cest:**

Při dostatečném větrání pracoviště není požadována.

Doporučený filtr pro krátkodobou expozici:**Ochrana očí:** Těsné ochranné brýle**Ochrana rukou:** Rukavice ze syntetické gumy**Tělesná ochrana:** Ochranný pracovní oděv odolný vůči louhům**Všeobecná ochranná a hygienická opatření:**

Uchovávat odděleně od potravin, nápojů a krmiv.

Spínavé či potřísněné oděvy okamžitě vysvléci.

Před přestávkami a koncem pracovní doby pečlivě umýt ruce.

Zabránit styku s pokožkou a očima.

Carbophen 6240

Strana 5 / 6

Další údaje:

12. Ekologické informace

Akutní toxicita pro vodní organismy:

	účinná koncentrace
- EC/LC ₅₀ ryby:	nestanoveno
- EC ₅₀ (afnie):	nestanoveno
- EC ₅₀ bakterie (Ps.putida):	nestanoveno
- IC ₅₀ řasy 72 hod.:	nestanoveno

Rozložitelnost: nestanoveno

Toxicita pro ostatní prostředí:

Slabě ovlivňuje kvalitu vody, stupeň I (vlastní stupnice). Nesmí se dostat do podzemních vod, povrchových vod nebo kanalizace.

CHSK: nestanoveno

BSK₅: nestanoveno

Další údaje: -

13. Informace o zneškodňování

Způsoby zneškodňování látky/přípravku:

Chemicko-fyzikální proces

Druh odpadu: nebezpečný

Další údaje:

Nesmí se likvidovat společně s komunálním odpadem, zabránit průniku do kanalizace.

Evropský katalog odpadů:

07 02 08: Jiná reakční a destilační rezidua.

Způsoby zneškodňování kontaminovaného obalu:

Odpadové hospodářství dle místních stávajících předpisů.

Kontaminované obaly se doporučují zcela vyprázdnit, po odpovídajícím vymytí mohou být znovu recyklovány.

Doporučený čisticí prostředek:

Voda s přísadkou čisticích prostředků.

14. Informace pro přepravu

Pozemní přeprava:

Třída ADR / RID:	8 Žiravé látky	Typ obalu:	II
UN číslo:	1719	Kemler čís.:	80
Výstražná tabule:	8		
Technický název:	1719 ŽIRAVÁ ALKALICKÁ KAPALNÁ LÁTKA (obsahuje hydroxid draselný)		

Vnitrozemská vodní přeprava:

Třída ADR / ADNR:	8
UN číslo:	1719

Námořní přeprava:

Třída IMD:	8	Značka	Corrosive (8)
UN číslo:	1719	Typ obalu:	II
EMS číslo:	8-06		
Technický název:	CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S. (contains potassium hydroxide)		

Letecká přeprava:

Třída ICAO / IATA:	8	Typ obalu:	1719
UN číslo:	II	Značka	Corrosive (8)
Technický název:	CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S. (contains potassium hydroxide)		

Další údaje: -

Carboplen 6240

Strana 6 / 6

15. Informace o právních předpisech vztahujících se na látku/přípravek:**Právní předpisy, které se vztahují na látku/přípravek:**

Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. Hygienické předpisy (částka 68/2001), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, novelizované vládním nařízením č. 523/2002 Sb. (částka 180/2002).

Zákon 356/2003 o chemických látkách a přípravcích a o změně některých dalších zákonů

Vyhláška č. 231/2004 Sb. o formě a obsahu bezpečnostního listu k nebezpečné chemické látce a přípravku.

Zákon 185/2001 o odpadech, v platném znění.

Zákon 477/2001 o obalech, v platném znění

Národní předpisy a údaje pro pracovní omezení:

Dodržovat pracovní omezení pro mladistvé.

16. Další údaje

Údaje jsou založeny na současném stupni našich znalostí, ale nepředstavují žádnou verifikaci vlastností produktu a nevyplyvají z nich žádné právní závazky.

Klasifikaci přípravku podle zákona č. 356/2003 Sb. a podle 231/2004 Sb.

Značení nebezpečnosti:

C Žravý

Nebezpečná složka uvedená na etiketě přípravku:

Hydroxid draselný

R-věty:

R 35 Způsobuje těžké poleptání

S-věty:

S 26 Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc

S 28 Při styku s kůží okamžitě omyjte velkým množstvím vody

S 45 V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení)

S 36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít

Relevantní R-věty:

R 22 Zdraví škodlivý při požití

R 24/25 Toxický při styku s kůží a při požití

R 34 Způsobuje poleptání

R 35 Způsobuje těžké poleptání

R 36 Dráždí oči

Zdroje nejúčelnějších údajů použitých při sestavování bezpeč. listu:

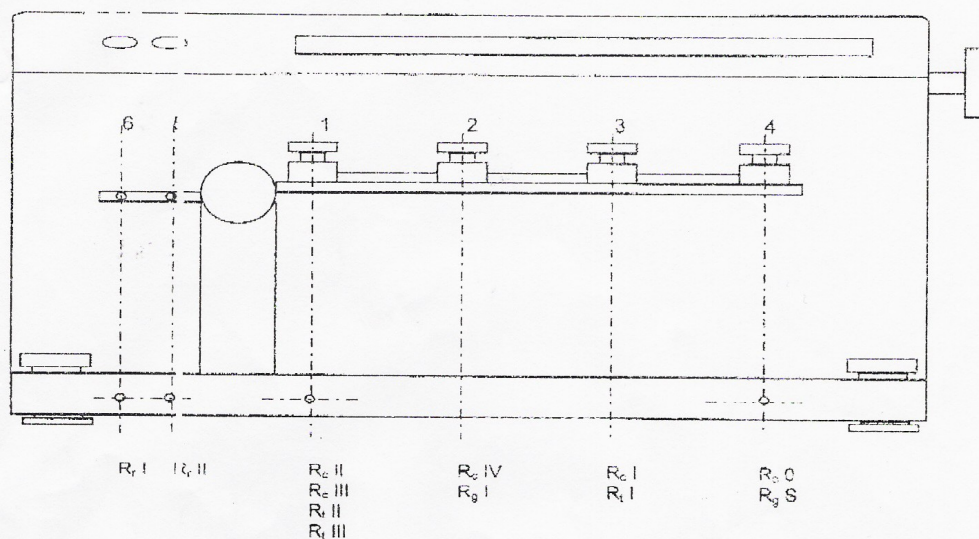
Internetová databáze, Sbírka mezinárodních smluv č. 65/2003 Sb., pro přepravu nebezpečných věcí po silnici, vyhláška č. 232/2004 Sb., příloha 1-10, klasifikace, balení a označování nebezpečných chem. látek a přípravků.



Odbor vydávající údajovou listinu: Hüttenes-Albertus CZ, s.r.o.

Konzultační partner: Ivo Třicátník

Příloha č.2 Tabulka měřícího přístroje

1.1 Stupnice na polském přístroji pro stanovení pevnosti LRu



Měřená pevnost	používaná stupnice	měřicí rozsah	měřicí poloha
v tlaku	Rc 0	0,005 - 0,085 MPa	4
	Rc I	0,02 - 0,13 MPa	3
	Rc II	0,13 - 0,67 MPa	1
	Rc III	0,60 - 2,00 MPa	1 (louskáček)
	Rc IV	0,63 - 0,22 MPa	2
ve stříhu a stěpu	Rr I	0,005 - 0,105 MPa	3
	Rr II	0,1 - 0,525 MPa	1
	Rr III	0,5 - 1,56 MPa	1 (louskáček)
v ohybu	Rg I	0,8 - 8,6 MPa	2  22,5 x 22,5
	Rg S	0,0 - 33,6 MPa	4  22,5 x 7,1
v tahu	Rr I	0,05 - 1,3 MPa	6 (osmička)
	Rr II	0,7 - 2,6 MPa	5 (osmička)

Technický list – Pojiva pro formy a jádra

ECOLOTEC® 600

ECOLOTEC 600 je fenolové pryskyřicové pojivo, téměř bez zápachu, používané zejména při výrobě slévárenských jader. Ecolotec je čirá, tmavě červená až červenohnědá tekutina s mírným typickým zápachem fenolu.

Viskozita (20°C) 250-350 mPa s
Hustota (20°C) přibl. 1,35 g/cm³

Složení

Ecolotec 600 je smíchaný roztok fenolové pryskyřice ve vodě. Ecolotec 600 neobsahuje žádný dusík.
Fenol je zdraví škodlivá látka. Ecolotec 600 se nesmí mísit s kyselinami nebo s kyselinovými solemi. Vznikne exotermická reakce generující teplo a výpary.

Kódování materiálu

Viz Bezpečnostní datový list materiálu.

Vlastnosti

Ecolotec 600 se využívá jako pojivo pro písky na výrobu jader, především při použití dmýchadel. Je také možno jej použít při výrobě menších forem.
Ecolotec 600 byl speciálně vyvinut z důvodu snižování výdajů na pracovní prostor a prostředí. Nejvhodnější je používat jej v kombinaci s ještě nepoužitým křemenným pískem. Částečně je možné použít i písek regenerovaný.
Ecolotec 600 neobsahuje fosfor ani síru. Obsaženy nejsou ani peroxidy a izokyanáty. Vady odlitků, způsobené přítomností těchto látek, jsou takto zcela eliminovány.
Jádra vyráběná za pomoci přípravku Ecolotec 600 vykazují velmi čistý povrch odlitku. Žilkování nebo jiné vady způsobené rozpínavostí křemene jsou tak největší měrou redukovány.

Použití

Ecolotec 600 se vytvrzuje plynem CO₂. Dávkování probíhá obvykle v poměru 2-3% plynu k množství formovacího písku. Přesné množství pojiva je závislé na geometrii jádra a kvalitě písku.

Vytvzovací parametry jsou následující:

Vlastnost	Rozsah	Typická hodnota
CO ₂ - penetrace	20-400 l/min.	200-300 l/min.
CO ₂ - tlak	0,1-1,0 barů	0,2-0,6 barů
CO ₂ - teplota	20 - 40°C	25 - 30°C
CO ₂ - množství/kg-jádro	1,0-3,0%	2,0%
CO ₂ - objem./kg-jádro	5,0-15,0	10,0 litr
Doba cyklu	podobně jako u PU-Coldbox	20 sec. A >

Podle těchto parametrů je použití CO₂ v poměru k pojivu 25-40% a závisí na geometrii jádra. Při výrobě větších jader (> 10 kg) je možno dobu cyklu ve srovnání s PU-Coldbox ve většině případů snížit.

Vytvzování pomocí CO₂ probíhá exotermicky. Při správném vytvzování bude teplota jádra o 3-6°C vyšší než je teplota pískové směsi. Po ukončení naplnění by povrch jádra neměl být studený.

Použitý křemenný písek by neměl obsahovat žádné alkalické ani kyselé nečistoty. Také je nutné vyloučit nečistoty spojené s jinými pojivovými systémy (např. křemičitan sodný),

jelikož tyto mohou způsobit značné snížení pevnosti. Doporučujeme používat písky s hodnotou pH od 6,5 do 7,5. Používání speciálních písků jen po konzultaci s firmou Foseco.

Zkušenosti při použití bentonitu nebo pryskyřicových pojiv pro formovací písky aplikované zastudena ukazují, že Ecolotec v množství do 10% je možno přidávat bez problémů.

Balení

Nevratné ocelové sudy s kapacitou asi 250 kg nebo nevrtné kontejnery s kapacitou přibl. 1200 kg.

Skladování

Skladujte v chladu (okolo + 10°C) v těsně uzavřených kontejnerech.

Skladovatelnost

Přibližně 6 měsíců ode dne výroby.

Údaje uvedené v tomto reklamním materiálu představují pouze přibližné hodnoty a nereprezentují hodnoty přesně specifikované.

Vyhrazujeme si právo provést technické změny vedoucí ke zdokonalení výrobku.